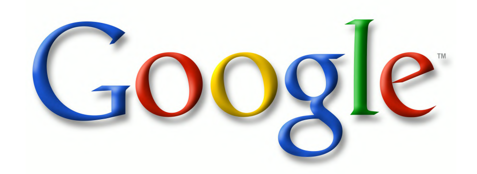
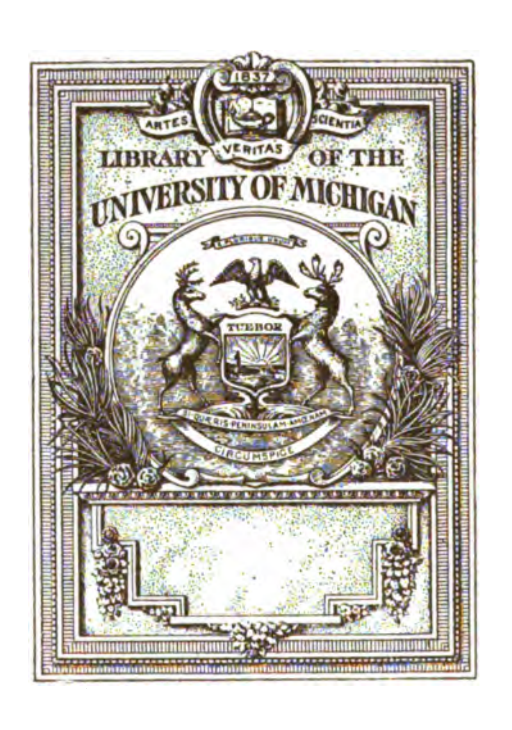

Google


1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE



JAHRBUCH

der

Astronomie und Geophysik.

Enthaltend die wichtigsten Fortschritte auf den Gebieten

der

Astrophysik, Meteorologie und physikalischen Erdkunde.

Unter Mitwirkung von Fachmännern

herausgegeben

von

Dr. Hermann J. Klein.

IV. Jahrgang 1893.

Mit 5 Lichtdruck- und Chromotafeln.



EDUARD HEINRICH MAYER

Verlagsbuchhandlung

Leipzig 1894

Druck von Oskar Leiner in Leipzig. 31720

Inhaltsübersicht.

Geophysik.

Verzeichnis der Tafeln.



Astrophysik.

Die Sonne.

Die Aberrationskonstante und die Sonnenparallaxe. A. Berberich bemerkt[1]), dass nach den neuen Untersuchungen Chandler's der genaue Wert der Aberrationskonstante sich nicht wesentlich von 20.500″ entfernen könne. „Durch Michelson's Experimente kennen wir die Lichtgeschwindigkeit (nahe 300000 *km*) bis auf ihren fünftausendsten Teil genau. Wir leiten daraus dann die in Kilometern ausgedrückte Geschwindigkeit der Erde durch Multiplikation mit der Tangente (Sinus) des Aberrationswinkels ab, worauf wir den Umfang und den Halbmesser der Erdbahn mit derselben Genauigkeit berechnen können. Das Verhältnis des Erdhalbmessers zum Bahnhalbmesser giebt uns die Sonnenparallaxe (π), die also für einen gegebenen Wert der Aberrationskonstante (= A) auf ihren fünftausendsten Teil gesichert sein würde. So würden sich entsprechen:

A = 20.30″	π = 8.880″
20.40″	8.837″
20.50″	8.794″
20.60″	8.752″

Chandler's Aberrationswert giebt daher π = 8.794″. Genau ebenso gross ist die Sonnenparallaxe von Battermann aus Mondbeobachtungen erhalten worden. Das kürzlich erwähnte Resultat von Gill aus Beobachtungen kleiner Planeten war 8.80″ und könnte nach späteren Nachrichten höchstens 8.82″ werden. Diese Zahlen lassen sich sehr gut mit dem Ergebnisse von Chandler's Untersuchungen vereinigen. Dagegen steht nun der von Auwers aus den Beobachtungen der deutschen Venusexpeditionen berechnete Wert der Sonnenparallaxe π = 8.88″ noch mehr isoliert. Wie man sieht, würde er eine Aberrationskonstante gleich 20.30″ bedingen, während bereits 20.40″ sehr unwahrscheinlich ist. Allem Anscheine nach ist somit die Sonnenparallaxe von 8.80″ kaum um mehr als eine hundertel Sekunde von ihrem wahren Werte verschieden."

[1]) Naturw. Rundschau 1893. Nr. 29. p. 366.

Sonnenstatistik 1892. Prof. Wolf giebt folgende Übersicht über die Fleckenthätigkeit der Sonne[1]) im Jahre 1892:

	Relativzahl		Relativzahl
Januar	72.4	Juli	77.9
Februar	72.4	August	102.6
März	52 5	September	62 2
April	69.6	Oktober	74.8
Mai	79.2	November	67.1
Juni	76.6	Dezember	77.8
		Jahresmittel	73.8

Die Protuberanzen sind 1892 regelmässig auf der Pariser Sternwarte spektroskopisch untersucht worden[2]). Man bediente sich dabei des Foucault'schen Siderostaten, der in einem Doppelsaale von 9 *m* Länge aufgestellt ist. Die Protuberanzen wurden, soweit das Wetter dies gestattete, täglich nach der gewöhnlichen spektroskopischen Methode aufgenommen und ihre Beziehung zu den Fackeln und Flecken studiert. Gleichzeitig wurden sie indessen auch photographiert unter Anwendung eines grossen Gitterspektroskops. Man bediente sich meist eines engen Spaltes, und Hauptzweck dieser Untersuchungen war die Feststellung der radialen Geschwindigkeit in der Bewegung der Protuberanzen überhaupt. Im ganzen sind 1892 mehr als 1000 Aufnahmen erhalten worden, von denen eine Anzahl der besten, welche eigentümliche Bewegungen zeigen, der Pariser Akademie vorgelegt wurden. Gleichzeitig wurden auch die Sonnenfackeln spektroskopisch untersucht, wobei sich ergab, dass in denselben stets die Radiationen H und K des Calciums hell und selbst dunkel auftraten, woraus sich eine neue Methode zur Photographie dieser Fackeln ableiten liess.

Besonders eingehend wurde die ultraviolette Strahlung der Protuberanzen studiert. Das grosse Gitterspektroskop wurde zu diesem Zwecke mit einer nicht absorbierenden Quarzlinse versehen und das bei den früheren Beobachtungen benutzte Objektiv durch einen hohlen Silberspiegel ersetzt. Auf diese Weise wurden in den hellsten Protuberanzen ausser einer grossen Anzahl neuer Metalllinien die ultravioletten Linien des Wasserstoffes nachgewiesen, welche Huggins zuerst in den Spektren der weissen Sterne auffand, und die für diese als charakteristisch angesehen werden. Dieses Ergebnis ist insofern von besonderem Interesse, als es zeigt, dass in gewissen Regionen der gelblichen Sonne die Strahlung der weissen Sterne vorhanden ist. Aber noch ein anderes interessantes Resultat ergiebt sich aus diesen Beobachtungen, nämlich dieses, dass das ultraviolette Spektrum der Protuberanzen identisch ist mit dem Spektrum des neuen Sternes im Fuhrmann.

Die sehr hellen Protuberanzen haben ausser zehn bereits be-

[1]) Compt. rend. Ac. Paris. l'Astronomie 1893. p. 115.
[2]) Sirius 1893. p. 98.

kannten ultra-violetten Wasserstofflinien noch fünf neue gezeigt, deren Wellenlängen mit grosser Genauigkeit festgestellt wurden.

Das ultraviolette Spektrum der Protuberanzen. Auf dem Kenwood-Observatorium zu Chicago wurde am 15. Oktober 1892 eine Photographie des Spektrums einer metallischen Protuberanz der Sonne aufgenommen, welches im ultravioletten Teile 74 helle Linien zwischen den Wellenlängen 3970 und 3630 enthält[1]. Bei dieser Aufnahme wurde ein 12-zölliges photographisches Objektiv von Brashear und der Spektrograph mit 4-zölligem Gitter von 14438 Linien und $^3/_4$-zölligem Glasobjektiv angewandt. Die grosse Zahl der ultravioletten Linien ist wahrhaft überraschend, wenn man die Absorption des ultravioletten Lichtes beim Durchgange durch die 3 Objektive in Betracht zieht. Auf dieser Photographie sind sämtliche Linien sichtbar, welche Deslandres mit seinem Apparate, in welchem kein Glas benutzt wird, erhalten hat; ausserdem noch 32 neue Linien.

Beobachtungen der Sonnenchromosphäre 1891 und 1892 hat W. Sidgreaves auf dem Stonyhurst-Observatorium angestellt[2]. Es wurde erhalten 1891 im Mittel aus 10 Monaten: mittlere Höhe der Chromosphäre (ohne Protuberanzen): 7.83″, 1892 Jahresmittel: 7.94″; mittlere Höhe der Protuberanzen 1891: 25.85″, 1892: 28.84″, mittlere Ausdehnung der Protuberanzen in Bogen: 1891: 14° 41′, 1892: 30° 49′; höchste Protuberanz: 1891: 64.76″, 1892: 81.92″.

Die totale Sonnenfinsternis am 16. April 1893. Über die Beobachtungsergebnisse der französischen Expedition, die zu Joal am Senegal stationiert war, hat Dr. Pasteur vom Observatorium zu Meudon berichtet[3]. Es wurden 9 photographische Bilder der Korona mit 9 Objektiven erhalten, welche ungefähr dieselbe Brennweite (1.5 *m*) hatten, aber verschiedene, zwischen 155 und 5 *mm* variierende Öffnungen. Diese 9 Objektive wurden gleichzeitig beim Beginne der Totalität geöffnet und kurz vor dem Ende geschlossen, so dass die Dauer der Exposition für alle Apparate $3^m\ 50^s$ betragen hat. Unter diesen Umständen sind die Bilder der Korona entstanden, entsprechend „photographischen Wirkungen", welche wie die Glieder einer geometrischen Progression variieren, deren Exponent 2.45 ist, und deren äusserste Glieder 250 und 0.25 betragen. Das hellste Bild war also 1000 mal stärker als das am wenigsten helle. Mittels dieser Verwendung von 9 Objektiven erhielt man 9 vergleichbare Bilder der Korona, die mehr oder weniger ausgedehnt waren, je nach der Grösse der photographischen Wirkungen, durch welche sie entstanden waren.

Wie man vorhergesehen, sind die Bilder der lichtreichsten Objektive nicht die besten, weil auf diesen Bildern die wenig intensiven,

---

1) Astronomy and Astrophysics Nr. 109.
2) Observatory Nr. 199. p. 134.
3) Compt. rend. 1893. 117. p. 24.

äussersten Teile der Korona mit dem Bilde des Himmels verschwimmen, während die sehr hellen, tiefsten Teile überexponiert sind. Hieraus ergiebt sich ein wenig ausgedehntes Bild ohne Einzelheiten und Kontraste. Die Objektive kleinsten Durchmessers andererseits haben nur die tiefen Partien der Korona zur Darstellung gebracht. Kurz, die Prüfung der 9 Bilder zeigt, dass eine „photographische Wirkung“ gleich 4 ausreicht, um eine möglichst vollständige Darstellung der Korona zu erhalten. Diese photographische Wirkung gleich 4 hätte man erhalten können, wenn man sechs Sekunden exponiert hätte mit einem Objektive, dessen Brennweite 12-mal so gross ist wie seine Öffnung.

Die Struktur der Korona hat nicht das Aussehen dargeboten, das man zu finden erwartet hatte. In allen vorhergehenden Finsternissen waren die Büschel der Korona ziemlich symmetrisch zu der Axe angeordnet, welche bis auf wenige Grade mit der Rotationsaxe der Sonne zusammenfällt. Diese Symmetrie, welche sehr ausgesprochen ist zur Zeit der Sonnenfleckenminima, ist freilich weniger auffallend in den Epochen der Maxima der Sonnenthätigkeit. Aber im letzten April bot die Korona, anstatt zur Sonnenaxe symmetrisch zu sein, eine sehr deutliche Symmetrieaxe in der Richtung des Sonnenäquators dar. Eine solche Struktur ist sehr selten, und die Korona von 1882, welche gleichfalls in einer Zeit der Fleckenmaxima beobachtet wurde, ist die einzige, welche einen ähnlichen Charakter zeigt, wenn auch weniger deutlich.

Die Theorien, welche Schäberle und Bigelow zur Erklärung der Korona aufgestellt haben (von denen die eine die Koronabüschel als Wirkung der Sonnenrotation, die andere als Wirkung der Kraftlinien der Sonnenelektrizität auffasst), sind somit als falsch erwiesen, denn die Voraussagen dieser Astronomen betreffs der Struktur der Korona haben sich nicht bestätigt.

Zwei photographische Spektroskope waren während der Dauer der Totalität in Thätigkeit. Das eine hat ein Spektrum gegeben, das man mit Erfolg hat untersuchen können. In dem der Sonne benachbarten Teile ist das Spektrum sehr intensiv, und man findet dort folgende helle Linien: Die Heliumlinie (D_3), die Koronalinie (1474), die Linien H und K und 10 Wasserstofflinien, von denen drei im sichtbaren Teile des Spektrums liegen (F, G_1, h) und sieben im Ultraviolett. Über diesem intensiven Spektrum und in der am stärksten aktinischen Gegend, zwischen F und H, findet sich ein anderes viel schwächeres Spektrum, in dem man ausser den eben angegebenen Linien noch die hauptsächlichsten Fraunhofer'schen Linien des Sonnenspektrums findet. Eine selbst oberflächliche Untersuchung des Spektrums genügt, um das Erkennen von fünfzehn dieser Linien zu ermöglichen. Die Anwesenheit der Fraunhofer'schen Linien in der Photographie des Koronaspektrums bestätigt die älteren Beobachtungen, aus denen man das Vorhandensein von reflektiertem Sonnenlichte in der Korona erschlossen hatte.

Das für diese Beobachtungen benutzte Spektroskop hatte zwei Prismen aus leichtem Flintglase, und das Objektiv, welches das Bild des Spektrums erzeugte, hatte 40 *mm* wirksame Öffnung und 40 *cm* Fokus. Der Spalt war in der Richtung des Sonnenäquators eingestellt, so dass man das Spektrum der Korona im Osten und Westen der Sonne erhielt. Die photographischen Platten waren für Grün und Gelb empfindlich.

Um die aktinische Intensität des Phänomens zu messen, hat man dem Lichte der Korona 235ˢ lang empfindliche Platten exponiert, welche hinter verschieden stark gefärbten Schirmen standen. Diese Schirme waren am Boden weiter Röhren angebracht und empfingen nur das Licht, das ausstrahlte von einem Himmelsquadrate von 6° Seite, welches den Mond in seiner Mitte hatte. Nach der Heimkehr der Expedition wurde derselbe Versuch wiederholt, und empfindliche Platten wurden hinter denselben Schirmen dem Lichte der Amylacetatlampe exponiert. Hierbei stellte sich heraus, dass man, um dasselbe Resultat zu erhalten wie von dem Koronalichte, die Platten in 1 *m* von der Lampe etwa 800ˢ lang exponieren musste. Aus diesem Ergebnisse folgt, dass das von der Korona ausgestrahlte Licht ziemlich gleich war der Lichtmenge, welche auf 1 *m* Entfernung ausgestrahlt wird von einer Lichtquelle, die $3\frac{1}{2}$-mal intensiver ist, als die Vergleichslampe. Aber diese Auswertung der aktinischen Intensität der Korona lässt notwendigerweise viel zu wünschen übrig, denn der Himmel war während der Dauer der Finsternis durch leichte Wolken verschleiert, und infolge dessen zeigte sich das Phänomen nicht in seiner vollen Intensität.

Dieselbe Finsternis ist von J. M. Schaeberle zu Mina Bronces in Chile (28° 27′ südl. Br. und 6600′ Seehöhe) beobachtet worden[1]. Derselbe hat 8 Negative der Sonnenkorona erhalten. Die Korona wurde schon dargestellt, als noch einige Minuten bis zum zweiten Kontakte fehlten, und ebenso erscheint sie auf einer Platte, die etwa $\frac{1}{4}$ Minute nach der Totalität exponiert wurde. Schaeberle kommt zu dem Ergebnisse, dass die Materie, welche die Korona bildet, anscheinend von ziemlich gleichförmiger Zusammensetzung und viel weniger dicht ist als die Materie der Protuberanzen. Ferner, dass diese Koronamaterie in einer Art kontinuierlicher Ströme geordnet ist, und dass sich jeder zurückfliessende Strom der inneren Korona deutlich als Teil einer Ellipse erkennen lässt, deren grosse Axe durch das Sonnenzentrum geht und anzeigt, dass die Materie diese Ströme von der Sonne ausgeworfen und ihrer Anziehung unterworfen ist. Die symmetrische Form zeigt ferner, dass diese äusserst dünne Materie keinen wahrnehmbaren Widerstand ihrer Bewegung seitens einer Sonnenatmosphäre erhalte. Die sichtbaren zurückkehrenden Ströme dieser Materie erheben sich bis zu 200000 engl. Meilen oder selbst noch höher über die Sonnenoberfläche. Die äussersten

[1]) Publ. Astr. Soc. of Pacific 5. Nr. 31. p. 139.

Teile der Korona bestehen nach Schaeberle aus mehr radialen Strömen, die aber sonst völlig denjenigen der gekrümmten und zurückkehrenden Ströme der inneren Korona gleichen. Im allgemeinen glaubt Schaeberle, dass seine Beobachtungen nicht gegen seine früher aufgestellte „mechanische Theorie“ der Sonnenkorona sprechen, und behält sich eine genauere Diskussion vor.

Über die Ursache der Sonnenflecken verbreitet sich Egon v. Oppolzer[1]. „Jede Sonnenfleckentheorie,“ bemerkt er, „muss als unvollkommen angesehen werden, wenn sie nicht die Erscheinungen, die mit dem Wesen und der Ursache der Flecken so eng verknüpft sind, nämlich die Periodizität und die heliographische Verteilung der Flecken, aus sich erklärt. Dies lässt sich aber von keiner der bis jetzt aufgestellten Theorien behaupten, so äussert sich Young über dieses Problem; es muss aber auch jede solche Theorie als unvollkommen angesehen werden, wenn sie nicht auch die eigentümliche Rotation der Sonnenbreiten verständlich macht, denn diese geht ja Hand in Hand mit der Häufigkeit und Verteilung der Flecken.“

Verf. spricht sich nun in folgender Weise über das Wesen der Sonnenflecken aus: „Die Flecken und vor allem ihr Kern sind Gas- und Dampfmassen, die durch ihre niedrigere Temperatur eine verstärkte Absorption des von der Photosphäre ausgestrahlten Lichtes ausüben. Diese offenbart sich im Fleckenspektrum, was zuerst Young[2] und neuerdings Dunér[3] entdeckt hat, neben der Verstärkung und Verbreiterung vieler Linien des Sonnenspektrums durch das Auftreten unzählig vieler dicht nebeneinander stehender Linien, die im gewöhnlichen Sonnenspektrum wegen ihrer Feinheit und Blässe nicht zum Vorscheine kommen, und deren Unbeweglichkeit auf grosse Ruhe in den absorbierenden Massen schliessen lässt, so dass sich Dunér aus diesem Grunde mehr der Secchi'schen als der Faye'schen Hypothese zuneigt. Dass die Flecken in der Photosphäre eingesenkt sind oder, und es genügt für unsere Frage, eingesenkt sein können, ist auch als eine genügend erhärtete Thatsache anzusehen. Selbst Spörer sieht sich in seiner letzten Sonnenfleckenbeobachtungen-Publikation[4] dies anzunehmen veranlasst, wenn er schreibt: „Für diese Flecken muss angenommen werden, dass die scheinbare Kernoberfläche entschieden tiefer lag, als es durchschnittlich der Fall ist, wenn man nicht in diesen und anderen Fällen die Abweichungen allein den Beobachtungsfehlern oder den Gestaltsverhältnissen der Flecken zuschreiben will.“ Fassen wir alle diese Ergebnisse zusammen, so ergiebt sich folgendes Bild eines Fleckes: In den kondensierten Dämpfen der Photosphäre ist eine Einsenkung,

---

[1]) Astron. Nachr. **132.**
[2]) Young, Amer. Journ of Science [3] **25.**
[3]) Dunér, Nov. acta reg. soc. Ups. [3] **14.** p. 12.
[4]) Spörer, Publ. d Astroph. Obs. zu Potsdam **4.** Stck. 4. 1886.

auf deren Boden eine erkaltete Dampfschicht liegt. Wie ist denn überhaupt erklärlich, dass sich eine derartige Vertiefung von einigen hundert Meilen in diesen kondensierten Dampfmassen bilden und dazu noch monatelang bestehen bleiben kann, und ebenso dass sich eine derartige Temperaturdifferenz zwischen dieser erkalteten Dampfschicht und der Photosphäre ebenso lange erhält? Eine derartige Vertiefung ist nur denkbar, wenn sich in derselben Gase oder Dämpfe von höherer Temperatur befinden, die eine Kondensation der photosphärischen Dämpfe verhindern. Wir müssen also in einem Flecke eine extreme Temperaturumkehrung vor uns haben; dafür sprechen ja das häufige Schmälerwerden der Linien, welche in die höchsten Regionen der Chromosphäre hinaufragen, und deren häufige Umkehrung; dafür die jüngst angestellten Beobachtungen Frost's, dass Flecken gelegentlich wärmer sein können, als die sie umgebende Photosphäre [1]). Über der abgekühlten Dampfschicht herrscht eine für die betreffende Höhe über der Sonnenoberfläche anormale Hitze; dies lässt sich und nur ganz ungezwungen durch einen von der Chromosphäre niedergehenden atmosphärischen Strom erklären. Über die Wirkung eines solchen kann die neue Meteorologie vollkommen Aufschluss geben; vor allem sind es die grundlegenden Arbeiten Hann's [2]) auf diesem Gebiete, denen ich Gedanke für Gedanke hier folgen will. Nach diesen ergiebt sich für einen absteigenden Luftstrom folgendes:

Die mittlere Temperatur der Luftsäule, in welcher die nach abwärts gerichtete Bewegung auftritt, ist hoch über dem gewöhnlichen Mittel; die Luft ist darin von ausserordentlicher Klarheit und Trockenheit. In einer gewissen Entfernung von der Erdoberfläche muss die absteigende Bewegung natürlich aufhören und in eine ebenso langsame horizontale übergehen; in diesem Teile ihrer Bahn erkaltet die Luft durch Wärmestrahlung, welche durch die gleichzeitige Heiterkeit und Trockenheit der höheren Luftschichten ausserordentlich begünstigt wird. Infolge dieser starken Erkaltung entstehen jene dichten Bodennebel, welche bei dem Eintreten derartiger Verhältnisse die Niederungen erfüllen. In der sinkenden Luftsäule herrscht ein anormaler hoher Luftdruck.

Haben wir hier nicht nach den obigen Erörterungen ein fast vollständiges Analogon? Die Klarheit der Photosphäre, die Ruhe der tieferen Schichten und deren intensive Erkaltung! Nachdem noch zur Genüge durch Beobachtungen bewiesen ist, dass eine aus der Höhe auf den Fleck hin gerichtete Bewegung stattfindet, — ja es hat sogar Spörer zahlreiche Fälle beobachtet, bei denen derartige Ströme den Fleck geradezu hervorriefen [3]) — so scheinen wir zu einer derartigen Erklärung der Flecken gezwungen, wenn wir noch

---

[1]) Frost, Astron. Nachr. Nr. 3105/6. p. 143.

[2]) Hann, Zeitschr. f. Meteorol. **10.** p. 210. **11.** p. 129—135. Denkschr. d. W. Ak. d. Wiss. **57.**

[3]) Spörer, Publ. d. Astroph. Obs. z. Potsdam **1.** p. 79.

dazu bedenken, dass auf der Sonne diese Wirkungen von viel grösserer Intensität begleitet sein müssen als wie auf unserer Erde. Der grösste Teil der von der Photosphäre ausgehenden Strahlung wird von den auf ihr liegenden Gasen und Dämpfen absorbiert, und vor allem spielen dabei die am tiefsten lagernden Metalldämpfe mit ihren zahlreichen Linien die grösste Rolle; die höheren Schichten der Chromosphäre bestehen aus Gasen und Dämpfen von verhältnismässig geringem Absorptionsvermögen, dazu gehört das Helium, der Wasserstoff, das Natrium und Calcium. Einen Strom, der hauptsächlich aus diesen letzteren Stoffen besteht, und Dämpfe, so z. B. Eisendämpfe, nur in stark überhitzter Form mit sich führt, will ich „trocken" nennen, im Gegensatze zu solchen Strömen, welche mit Dämpfen gesättigt sind und „feuchte" heissen sollen. Steigt nun so ein feuchter Strom aus der Photosphäre in die Chromosphäre auf, und senkt er sich natürlich als trockener irgendwo wieder herab, so wird er eine viel höhere Temperatur mitbringen als diejenige war, mit welcher er die Photosphäre verlassen hat; dies rührt daher, weil er bei seinem natürlich mit Abkühlung verbundenen Aufstiege fortwährend Dämpfe kondensieren muss, die ihm dadurch ihre Kondensationswärme zuführen und dadurch die Abkühlung stark verzögern [1]). Absteigende Ströme sind daher immer mit grosser Hitze und Trockenheit verbunden, da die Dämpfe, die sie etwa nur in starker Überhitzung enthalten, keinen nennenswerten Einfluss üben. Trifft daher ein solcher Strom auf die Photosphäre, in die er sich noch fortsetzt, so wird er infolge seiner bedeutend höheren Temperatur die hier lagernden kondensierten Dämpfe auflösen, dieselben mit sich wegführen und durch fortwährendes Zuströmen grosse Trockenheit in seiner Bahn hervorrufen; die Folge davon wird eine an dieser Stelle auftretende Klärung der Photosphäre sein, die einer trichterförmigen Vertiefung gleichen muss; schliesslich wird der vertikale Strom sich in horizontale Ströme verzweigen, und unterhalb dieser Verzweigungsstelle, wo die Gase stagnieren müssen, haben wir jetzt geeignete Bedingungen zu einer mächtigen Ausstrahlung; hier erfolgt eine beträchtliche Temperaturerniedrigung, welche die als Kernfleck auftretende Gas- oder Dampfschicht erzeugt. Die Wände des Trichters erleiden natürlich auch eine Ausstrahlung, jedoch in viel geringerem Masse, da sie ja gegen die Sonnenoberfläche geneigt sind, und bilden den Hof des Fleckes."

Wie diese Theorie die Rotation und heliographische Verteilung der Flecken zu erklären vermag, begründet Verf. mit folgendem: „Wenn wir die Sonnenflecken als Gebiete niedergehender Ströme auffassen, die naturgemäss irgendwo anders aufsteigende erfordern, so deutet dies auf einen gemeinsamen Ursprung hin, der zwar am Äquator vermutet werden kann, aber nicht dort, sondern in den polaren Regionen zu suchen ist, da eine

[1]) Eine gesättigt-feuchte aufsteigende Luft erleidet für 1000 *m* bei 10° eine Wärmeabnahme von 0.54°, eine trockene eine solche von fast genau 1°, also beinahe die doppelte einer feuchten.

Fleckenzone in niederen Breiten, auch ganz am Äquator ziehen kann, während in den höheren Breiten — und dies ist ja um die Zeit des Minimums immer der Fall — schon ein neuer, kräftiger Fleckenzug beginnt. In den polaren Regionen herrschen aufsteigende Ströme wie in unserer Erdatmosphäre am Äquator, die in einer gewissen Höhe als horizontale Ströme gegen die niederen Breiten in langgezogenen Spiralen ziehen, wo sie als Ostwinde auftreten und, wenn sie sich senken, als Flecken. Bis ein Stromzweig vom Pole nach den niederen Breiten gelangt, können Monate, vielleicht Jahre vergehen, dies hängt von der Geschwindigkeit des Aufstromes ab. Denkt man sich den polaren Aufstrom in seiner Intensität bald wachsend, bald abnehmend, so ergiebt sich, wie leicht einzusehen ist, die Ursache der heliographischen Verteilung der Flecken: Wenn er zur Zeit des Minimums anwächst, so werden sich zu dieser Zeit die Flecken schon in höheren Breiten senken; mit seiner stetig anwachsenden Intensität wird er bewirken, dass die niederen Breiten von Flecken übersäet werden; es wird das Fleckenmaximum eintreten, und der Strom kann schon fast erloschen sein; die Flecken werden in höheren Breiten verschwinden, während die um die Sonne noch kreisenden Ostwinde sich schliesslich als Minimumflecken in der Nähe des Äquators senken werden; einstweilen beginnt schon wieder das frühere Spiel. Dieser Aufstrom erklärt also die heliographische Verteilung in äusserst einfacher Weise, aber zugleich auch die eigentümliche Rotation der Sonnenbreiten. Die von den Polen herabkommenden Ströme bringen kleine Geschwindigkeiten und mithin kleine Rotationswinkel mit, da nach Zöppritz[1]) und Wilsing[2]) die Reibung an den unteren Schichten von sehr geringem Einflusse ist, und behalten sie demnach auch lange Zeit: wenn sie aber die Sonne einige Male umkreist haben, so wird sich doch ein solcher Einfluss geltend machen, der bewirkt, dass die in den niederen Breiten herrschenden Ostwinde einen grösseren täglichen Rotationswinkel zeigen als die in höheren Breiten auftretenden, die der Reibung viel weniger ausgesetzt waren[3]). Auch die Erscheinungen auf der Sonnenoberfläche sprechen mit grosser Wahrscheinlichkeit für einen an den Polen vorhandenen Aufstrom: Die polaren Regionen sind die Kalmen der Sonne; die oft riesige Dimensionen namentlich in horizontaler Richtung zeigenden Wolkenprotuberanzen, deren durchschnittliche Höhe die aller anderen übertrifft, die über der Photosphäre frei schweben und sich doch ohne sichtbaren Zusammenhang „von unten her erneuern“, zwar hier und da durch kleine Säulen verbunden, erhalten sich hauptsächlich in der Nähe der Pole während einer ganzen Umdrehung und scheinen doch für diese Hypothese zu sprechen. Wenn nicht die höhere Temperatur der Pole die Ursache dieses Polstromes ist, so müsste dieser jedenfalls die Pole erwärmen. Die Pole werden also zu gewissen Zeiten heisser als die äquatorialen Gegenden sein; dies wird, wenn überhaupt nachweisbar, zur Zeit des Minimumjahres, wenn der Fleckenzug in höheren Breiten beginnt, am stärksten hervortreten. Für diese Behauptung spricht das sonst ganz rätselhafte Verhalten der Chromosphäre, dass sie zu jener Zeit „Anhäufungen“ an beiden Polen zeigt, während sie das Jahr vor dem Minimum eine bezüglich ihrer Höhe über alle Breiten sich erstreckende Konstanz zeigt. Es erscheint durch diese Sonnenfleckentheorie das Problem der Rotation der Sonne, der Häufigkeit der Flecken, sowie ihrer heliographischen Verteilung auf ein einziges zurückgeführt zu sein, nämlich auf das Problem eines in den polaren Gegenden periodischen Aufstromes.“

---

[1]) Zöppritz, Wied Ann. 1878. 3. p. 582.

[2]) Wilsing, Astrono. Nachr. Nr. 3039 p 233.

[3]) Es ist dies derselbe Gedanke welcher der Rotationstheorie Zöllner's zu grunde liegt.

Planeten.

Planetoidenentdeckungen. Nach der Zusammenstellung von Paul Lehmann [1]) sind die folgenden Planeten aus der Gruppe zwischen Mars und Jupiter 1892 entdekt worden:

(324)		am	25. Febr.	von	J. Palisa	in	Wien
(325)	Heidelberga	„	4. März	„	M. Wolf	„	Heidelberg
(326)	Tamara	„	19. März	„	J. Palisa	„	Wien
(327)	Columbia	„	22. März	„	A. Charlois	„	Nizza
(328)	Gudrun	„	18. März	„	M. Wolf	„	Heidelberg
(329)	Svea	„	21. März	„	M. Wolf	„	Heidelberg
(330)	Ilmatar	„	19. März	„	M. Wolf	„	Heidelberg
(331)		„	1. April	„	A. Charlois	„	Nizza
(332)	Siri	„	19. März	„	M. Wolf	„	Heidelberg
(333)	Badenia	„	22. Aug.	„	M. Wolf	„	Heidelberg
(334)		„	23. Aug.	„	M. Wolf	„	Heidelberg
(335)	Roberta	„	1. Sept.	„	Staus	„	Heidelberg
(336)		„	19. Sept.	„	A. Charlois	„	Nizza
(337)		„	22. Sept.	„	A. Charlois	„	Nizza
(338)		„	25. Sept.	„	A. Charlois	„	Nizza
(339)	Dorothea	„	25. Sept.	„	M. Wolf	„	Heidelberg
(340)		„	25. Sept.	„	M. Wolf	„	Heidelberg
(341)		„	25. Sept.	„	M. Wolf	„	Heidelberg
(342)		„	17. Okt.	„	M. Wolf	„	Heidelberg
(343)		„	15. Nov.	„	M. Wolf	„	Heidelberg
(344)		„	15. Nov.	„	A. Charlois	„	Nizza
(345)		„	23. Nov.	„	A. Charlois	„	Nizza
(346)		„	25. Nov.	„	A. Charlois	„	Nizza
(347)		„	28. Nov.	„	A. Charlois	„	Nizza
(348)		„	28. Nov.	„	A. Charlois	„	Nizza
(S)		„	8. Dez.	„	A. Charlois	„	Nizza
(349)		„	9. Dez.	„	A. Charlois	„	Nizza
(350)		„	14. Dez.	„	A. Charlois	„	Nizza
(351)		„	16. Dez.	„	M. Wolf	„	Heidelberg

Der Planet 1892 S ist nur ca. 4 Tage beobachtet und deshalb von der Numerierung ausgeschlossen worden [2]).

Nach Prof. Tietjen ist [3]) Planet 1893 Q identisch mit Nr. 104, Z identisch mit Nr. 175, AF identisch mit Nr. 158, AG identisch mit Nr. 107.

Der Planet 1893 S ist nach Dr. Berberich [4]) identisch mit dem von Wolf 1891, Nr. 28, aufgefundenen.

Benennungen haben erhalten folgende Planeten: 305 Gordonia, 307 Nike, 308 Polyxo, 310 Margarita, 311 Claudia, 312 Pieretta, 314 Rosalia, 316 Goberta, 317 Roxane, 320 Katharina, 322 Phaeo, 323 Brucia, 328 Gudrun, 330 Ilmatar, 332 Siri, 333 Badenia, 335 Roberta, 339 Dorothea, 349 Dembowska.

---

[1]) Vierteljahrsschrift der Astron Gesellschaft 1893. p 123 u. ff.
[2]) Astron. Nachr. Nr. 3155.
[3]) Astron. Nachr. Nr. 3194.
[4]) Astron. Nachr. Nr. 3188.

Im Jahre 1893 sind folgende Planeten entdeckt und haben bestimmte Nummern erhalten:

						Nr.
1893	A	17.	Januar	v.	Charlois	(354)
	B	12.	„	„	Wolf	(352)
	C	16.	„	„	„	
	D	12.	„	„	„	
	E	20.	..	„	Charlois	(355)
	F	16.	„	„	Wolf	(353)
	G	21.	„	„	Charlois	(358)
	H		vielleicht identisch mit G			
	I	11.	Februar	v.	Charlois	(357)
	K	8.	März	„	„	(358)
	L	9.	„	„	„	(359)
	M	10.	„	„	„	
	N	11.	„	„	„	(360)
	O	11.	„	„	„	
	P	11.	„	„	„	(361)
	Q	16.	„	„	Wolf	
	R	12.	„	„	Charlois	(362)
	S	17.	„	„	„	(363)
	T	19,	„	„	„	(364)
1893	U	19.	März	v.	Charlois	
	V	21.	„	„	„	(365)
	W	21.	„	„	„	(366)
	X	18.	„	„	Wolf	
	Y	14.	„	„	„	
	Z	18.	Mai	„	Charlois	
	AA	19.	„	„	„	(367)
	AB	19	„	„	„	(368)
	AC	14.	Juli	„	„	(370)
	AD	16.	„	„	„	(371)
	AE	5.	„	„	Borelly	(369)
	AF	11.	Aug.	„	Charlois	
	AG	17.	„	„	„	
	AH	19.	„	„	„	(372)
	AJ	15.	Sept.	„	„	
	AK	18.	„	„	„	
	AL	18.	„	„	„	
	AM	18.	„	„	„	
	AN	20.	„	„	„	
	AO	6.	Nov.	„	Wolf	

Fernerhin wird die provisorische Bezeichnung der Planeten durch Buchstaben ohne Rücksicht auf die Unterbrechung durch den Jahresanfang weiter geführt werden [1].

Über die Auffindung von kleinen Planeten auf der Sternwarte zu Nizza durch Charlois bemerkt Prof. Perrotin folgendes: Charlois hat im ganzen 37 Planetoiden aufgefunden, darunter elf mittelst der Photographie. Um letztere zu entdecken, sind 28 Clichés genommen worden, von denen jedes eine Fläche des Himmels überdeckt, die 11 Quadratgrade umfasst. Abgesehen von den mehreren Clichés gemeinsamen Partien am Rande, stellen die sämtlichen Platten einen Streifen des Himmels dar, welcher 280° Länge und 10° bis 11° Breite umfasst. Ausser den neu-entdeckten 11 Planetoiden sind auf den Clichés noch zwanzig andere bereits bekannte Asteroiden gefunden worden. Die photographische Aufnahme einer Platte erfordert $2^1/_2$ bis 3 Stunden Exposition und darauf eine zweistündige Untersuchung des Clichés, die aber mit aller Ruhe im Zimmer vorgenommen werden kann; die ganze Arbeit umfasst also 5 Stunden höchstens. Bei der direkten Beobachtung würden nicht weniger als 16 Abende, jeder zu 5 Stunden Beobachtung erforderlich sein, um die nämliche Arbeit zu leisten, jedoch bei sehr viel geringerer Sicherheit und Aussicht auf Erfolg. Sonach bedarf man heute, mit Hilfe der Photographie, nur 3 Stunden heiteren Himmels, um beim Forschen nach einem Planeten eben so viel zu leisten als früher bei 80 stündiger Arbeit.

---

[1] Astron. Nachr. Nr. 3194.

Helligkeitsbestimmungen der Hauptplaneten und einiger Asteroiden. Auf dem astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam hat Dr. G. Müller nach vieljährigen Beobachtungen eine überaus wichtige Arbeit über die Helligkeit der Planeten vollendet und publiziert [1]), welche eine längst gefühlte Lücke ausfüllt. In der That sind genaue photometrische Untersuchungen der Planeten für die Forschung nach den physischen Zuständen der Glieder unseres Sonnensystemes und selbst für die Beantwortung gewisser Fragen, welche die Sonne selbst betreffen, von grösster Wichtigkeit.

Die Beobachtungen wurden so angestellt, dass gleichzeitig mit dem Planeten die Helligkeit eines benachbarten Fixsternes von ähnlicher Lichtstärke photometrisch bestimmt wurde. Die Helligkeit der Vergleichssterne wurde aus gegenseitigen Bestimmungen abgeleitet. Alle Helligkeiten sind in Sterngrössen angegeben, wobei der Polarstern = 2.15 Grösse als Normalstern diente. In dieser Skala ist ein Stern von der Helligkeit des Aldebaran = 1. Grösse, hellere Sterne stellen sich also als über 1. Grösse dar, und Dr. Müller hat deshalb nach der helleren Seite hin die Sterne als 0., —1., —2., —3. u. s. w. Grösse angesetzt. Nimmt man die Helligkeit des Aldebaran zur Einheit und setzt voraus, dass jede hellere Grössenklasse 2.51 mal soviel Licht ausstrahlt als die vorhergehende, so hat ein Stern 0. Grösse also 2.51 mal soviel Licht als ein Stern 1. Grösse, ein Stern —1. Gr. 6.3 mal, ein Stern —2. Gr. 15.8 mal soviel Licht u. s. w. Von den bei uns sichtbaren Fixsternen ist in dieser Grössenskala nach Müller: Sirius —1.09 Grösse, Arktur 0.08 Gr., Wega 0.22 Gr., Capella 0.27 Gr., Rigel 0.37 Gr., Procyon 0.56 Gr., Altair 0.96 Gr., Aldebaran 0.99 Gr., Pollux 1.35 Gr., Deneb 1.43 Gr., Regulus 1.57 Gr., Castor 1.78 Grösse.

Merkur. Über die photometrischen Beobachtungen dieses Planeten ist zu bemerken, dass seine scheinbare Helligkeit um 2.5 Grössenklassen schwankt, und zwar unter dem Einflusse der Lichtphase.

Bei der Venus konnte bei Phasenwinkeln zwischen 22.5 und 157.5° beobachtet werden (wobei unter Phasenwinkel stets der Winkel am Planeten in dem Dreiecke Sonne, Planet, Erde verstanden wird). Die Helligkeit schwankt hierbei zwischen —3.0 und —4.5 Grösse, also zwischen dem 6- und 25-fachen der Helligkeit des Sirius. In der oberen Kulmination, wo also der Phasenwinkel gleich Null ist, und Venus, wenn sie gesehen werden könnte, uns ihre voll erleuchtete Scheibe zeigen würde, ist ihre Helligkeit —3.525 Grösse (10-mal so hell als Sirius), was mit den Berechnungen aus den früheren Beobachtungen von Zöllner und Seidel aus den Jahren 1852 und 1865 sehr gut übereinstimmt. Nachweisbare wirkliche

[1]) Publikation des astrophysikalischen Observatoriums zu Potsdam 8. Nr. 30. Stück 4

Lichtschwankungen haben also während dieser Zeit bei der Venus nicht stattgefunden.

Mars zeigt vor und nach der Opposition eine merkliche Phase, doch überschreitet dieselbe nie 50°. Infolge seiner sehr ungleichen Entfernungen von der Erde (und Sonne) sind aber seine Helligkeitsunterschiede sehr erheblich. Reduziert auf die mittlere Opposition ist seine Maximalhelligkeit = —2.0 Grösse, die Minimalhelligkeit —1.0 Grösse, jene bei der Phase 0°, diese bei der Phase 50°. Die mittlere Oppositionshelligkeit ist nach Müller —1.79 Grösse, was mit Zöllner's Bestimmung —1.87 (für 1864) gut übereinstimmt. Indessen hat Dr. Müller die Helligkeit des Mars zu Anfang der achtziger Jahre merklich grösser gefunden als 1877 bis 1880, eine Erscheinung, die auch bei Jupiter und Uranus deutlich wiederkehrt. Das Maximum der Helligkeit fällt nahe mit dem Sonnenfleckenmaximum zusammen, und Müller hält eine kausale Beziehung für wohl möglich. Man müsste dann schliessen, dass die Sonne zur Zeit der stärksten Thätigkeit etwa 10 % mehr Licht ausstrahle als zur Zeit der Ruhe; die Helligkeit der Fackeln müsste also das Lichtdefizit der Flecken mehr als ausgleichen.

Jupiter hat merkliche Schwankungen der mittleren Helligkeit gezeigt. Ausser den Helligkeitsänderungen, die beim Jupiter in den Mittelwerten der einzelnen Messungsreihen hervortreten, finden sich noch innerhalb der Reihen mitunter stark abweichende Werte, die sich allerdings auf Beobachtungsfehler zurückführen lassen, möglicherweise aber durch Vorgänge auf dem Planeten selbst erklärt werden könnten. Ein Zusammenhang mit der Rotation des Planeten, woran man denken könnte, scheint nicht angedeutet. Wenn in den Beobachtungen der Jahre 1878 und 1879 die Zwischenzeiten zwischen den Tagen, wo die grössten Helligkeiten gefunden sind, sehr nahe mit Vielfachen der Rotationsdauer übereinstimmen, so ist dies wohl als Zufall anzusehen; für die anderen Reihen lässt sich jedenfalls ein solcher Zusammenhang nicht nachweisen, und es würden sehr genaue Messungen innerhalb kürzerer Zeitintervalle erforderlich sein, um sichere Schlüsse in dieser Beziehung verbürgen zu können.

Ein etwaiges eigenes Licht Jupiters macht sich in den Messungen nicht bemerkbar, auch ein Einfluss der Phase (höchstens 12°) ist nicht nachweisbar.

Beim Saturn sind die Lichtverhältnisse wegen des Ringes recht kompliziert. Ein Phaseneinfluss ist in allen Jahren, in denen genügend viele Beobachtungen angestellt sind, deutlich ausgesprochen, allein eine viel stärkere Helligkeitsänderung macht sich von Jahr zu Jahr geltend; sie hängt ab von der wechselnden Lage der Ringebene gegen die Linie Saturn—Erde.

Wenn der Ring am breitesten ist, glänzt der Planet in der mittleren Opposition etwas heller als Arktur; dagegen sinkt er auf die Helligkeit des Aldebaran herab, wenn der Ring verschwunden ist. Bei diesen verwickelten Verhältnissen lässt sich

über Grössenschwankungen, wie sie bei Mars und Jupiter in verschiedenen Jahren hervortraten, nichts Sicheres sagen, wiewohl um 1883 bis 1885 die reduzierten Oppositionsgrössen etwas heller erscheinen (0.86) als vor 1880 (0.90), 1880 bis 1883 (0.88) und wieder um 1886 bis 1888 (0.90 Grösse). Seidel hat von Saturn acht Grössenmessungen ausgeführt; drei vom Jahre 1852 geben die mittlere Oppositionsgrösse 1.16 ± 0.07, die übrigen (1857 und 1858) geben 0.97 ± 0.02, 14 Beobachtungen von Zöllner (1862 bis 1865) geben 0.95 Grösse, während nach einer Formel die von Dr. Müller bestimmte Grösse 0.88 ist.

Bei dem Planeten Uranus zeigt sich wieder, nachdem die gemessenen Helligkeiten auf mittlere Entfernung reduziert sind, eine sehr auffallende reelle Lichtzunahme zwischen 1880 und 1884. Die mittleren Oppositionsgrössen ergeben sich nämlich:

1878 : h = 5.91	1884 : h = 5.85
1879 : h = 5.90	1885 : h = 5.91
1880 : h = 5.69	1886 : h = 5.99
1881 : h = 5.68	1888 : h = 5.98

Parkhurst hat auf der Harvardsternwarte im Jahre 1880 h = 5.68, 1881 h = 5.53 und 1888 h = 5.85, also ähnlich variabel gefunden. Der Uranus hat eine starke Abplattung, seine Rotationsaxe liegt aber parallel der Bahnebene, so dass wir zuweilen die Scheibe ganz rund sehen, wenn nämlich Uranus so steht, dass sein einer Pol in der Mitte der Scheibe liegt, und der Äquator den Rand bildet. Zwanzig Jahre später liegen aber die Pole am Rande der Scheibe, und der Äquator geht durch deren Mitte; dann sehen wir den Uranus stark abgeplattet und seine Fläche kleiner. Aus diesen Verhältnissen hat Prof. Seeliger auf die Möglichkeit einer Helligkeitsschwankung geschlossen; die Messungen Müller's scheinen aber nicht zu gunsten dieser Hypothese zu sprechen, zumal die Zöllner'schen Beobachtungen von 1864, also zur Zeit, wo das dem Maximum von 1882 vorangehende Lichtminimum hätte stattfinden müssen, die Grösse 5.73 ergeben. Die von Dr. Müller beobachteten Uranusgrössen liegen alle zwischen 5.4 und 6.0, der Planet musste also von 1878 bis 1888 stets dem freien Auge sichtbar gewesen sein.

Neptun. Von diesem Planeten sind nur wenige Beobachtungen erhalten worden. Sie geben seine mittlere Grösse zu 7.66 an, reelle Helligkeitsschwankungen konnten nicht erkannt werden.

Im allgemeinen findet Dr. Müller, dass die scheinbaren Helligkeitsschwankungen der Planeten durch keine der bisher aufgestellten Theorien befriedigend dargestellt werden. In der Nähe der Opposition sind die beobachteten Helligkeitsänderungen im allgemeinen merklich grösser als die theoretischen, und bei sehr grossen Phasenwinkeln findet das Umgekehrte statt. Einen wichtigen Fortschritt gegenüber den anderen Theorien bezeichnet die Seeliger'sche insofern, als sie bei der Venus, wo die Messungen das grösste Phasenintervall um-

fassen, relativ am besten sich dem gesamten Beobachtungsmateriale anschliesst. In dem besonderen Falle, welchen das Saturnsystem bietet, führen die theoretischen Untersuchungen Seeliger's zu einer nahezu erschöpfenden Darstellung der sämtlichen Beobachtungen. Seeliger stützt sich bekanntlich auf die Maxwell'sche Theorie, dass der Saturnring aus diskreten Teilen (Kugeln) von gewisser Grösse und bestimmten mittleren Abständen bestehe.

Aus den Beobachtungen ergaben sich folgende Werte für die sogenannte Albedo oder lichtreflektierende Kraft der Planeten, wobei diejenige des Mars als Einheit genommen ist. Beigefügt sind die früher von Zöllner dafür erhaltenen Werte:

	Müller	Zöllner		Müller	Zöllner
Merkur . .	0.64	0.43	Saturn . .	3.28	1.87
Venus . .	3.44	2.33	Uranus . .	2.73	2 40
Mars . . .	1.00	1.00	Neptun . .	2.36	1.74
Jupiter . .	2.79	2.34			

Über den grössten Glanz der Venus hat Dr. G. Müller Untersuchungen veröffentlicht[1]). Der Lichtwechsel der Venus rührt hauptsächlich von 2 Ursachen her, von der Änderung des Abstandes des Planeten von der Erde und von der Variation der Phase. Die erste Ursache bedingt zwischen der oberen und unteren Konjunktion des Planeten eine beständige Zunahme, die zweite eine beständige Abnahme der Helligkeit, und es ergiebt sich daraus ganz von selbst die Aufgabe, diejenige Stellung der Venus zu ermitteln, wo die beiden Wirkungen sich aufheben, und ein Maximum der Lichtstärke eintritt. Eine vollständig einwurfsfreie praktische Lösung dieser Aufgabe ist aus Mangel an ausreichendem Beobachtungsmateriale bisher nicht möglich gewesen. Man war lediglich auf theoretische Untersuchungen angewiesen, und da das Gesetz, welches die Abhängigkeit der Lichtstärke von der Phase ausdrückt, keineswegs sicher bekannt ist, so mussten die Resultate je nach den Annahmen über dieses Gesetz voneinander verschieden sein; es ist daher nicht zu verwundern, dass die Angaben für die Epochen des grössten Glanzes in den verschiedenen astronomischen Ephemeriden um mehrere Tage differieren. Zum ersten Male ist das Problem bereits im Jahre 1716 von Halley behandelt worden, welcher seinen Untersuchungen die später von Euler acceptierte Hypothese zu grunde legte, dass die Helligkeit eines Planeten proportional ist der scheinbaren Grösse der von der Erde aus sichtbaren beleuchteten Phase.

Aus dieser Annahme folgt, dass die grösste Helligkeit eintritt, wenn der Phasenwinkel (d. h. der Winkel am Planeten) im Dreiecke „Sonne-Venus-Erde“ 117° 56′ beträgt, also ungefähr 36 Tage vor und nach der unteren Konjunktion. Nach der Lambert'schen Theorie gestaltet sich das Resultat wesentlich anders, es ergiebt sich für den

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3162.

Phasenwinkel 103° 46,5′. Die Epochen des grössten Glanzes liegen danach etwa 51 Tage von der unteren Konjunktion entfernt, weichen also von den Epochen der Halley'schen Formel um volle 15 Tage ab. Im Berliner Astronomischen Jahrbuche ist bis zum Jahre 1867 bei Berechnung des grössten Glanzes der Venus von der Lambert'schen Formel Gebrauch gemacht worden, dagegen wird von 1868 an eine von Bremiker in den Monatsberichten der Preussischen Akademie der Wissenschaften (Jahrgang 1860) angegebene Formel benutzt, welche insofern beachtenswert ist, als sie auf wirklichen Helligkeitsbeobachtungen der Venus beruht. Bremiker hatte während der totalen Sonnenfinsternis am 18. Juli 1860 das Licht der Venus, welche zufällig nicht sehr weit von der unteren Konjunktion entfernt war, mit dem des Jupiter verglichen und war zu dem Resultate gekommen, dass sich ihre Lichtstärke erheblich grösser herausstellte, als nach der Lambert'schen Theorie erwartet werden sollte. Er fügte daher dem Lambert'schen Ausdrucke noch ein weiteres Glied hinzu, wobei er von der Betrachtung ausging, dass zu dem von den festen und flüssigen Teilen der Planetenoberfläche reflektierten Lichte noch das von der Atmosphäre zurückgeworfene Licht käme. Indem er dieses letztere proportional setzte dem erleuchteten, von der Erde aus sichtbaren Teile der Planetenkugel, gelangte er zu einer Formel, welche die jedesmalige Helligkeit der Venus in Einheiten der Helligkeit des Sternes α Lyrae angiebt.

Aus der Bremiker'schen Formel folgt für den Phasenwinkel des grössten Glanzes 115° 15′, und die Epochen desselben liegen etwa 39 Tage von der unteren Konjunktion entfernt. In neuerer Zeit ist von Lommel und Seeliger ein Beleuchtungsgesetz aufgestellt worden, welches auf der Voraussetzung beruht, dass das Licht bis zu einer gewissen Tiefe in jeden Körper eindringt und auf seinem Wege innerhalb des Körpers eine Absorption erleidet. Nach dieser Theorie ergiebt sich die Maximal-Lichtstärke der Venus beim Phasenwinkel 115° 59.8′, also die Epochen des grössten Glanzes 38 Tage von der unteren Konjunktion entfernt.

Dr. Müller giebt in der folgenden Tabelle eine Zusammenstellung der Resultate und in der letzten Kolumne die betreffende Maximalhelligkeit der Venus in Einheiten der oberen Konjunktionshelligkeit.

Nach der Formel von	Der grösste Glanz findet statt bei			Grösste Helligkeit
	Phasenwinkel	Elongation	Anzahl der Tage vor oder nach unter. Konjunkt.	
Halley	117° 56′	39° 43′	36	4.263
Lambert	103 46	44 38	51	2.126
Bremiker	115 15	40 52	39	2.772
Seeliger	116 0	40 33	38	3.018

„Aus dieser Tabelle," sagt Dr. Müller, „geht hervor, welche Unsicherheit gegenwärtig noch in betreff der fraglichen Erscheinung

herrscht. Am stärksten weicht die Lambert'sche Theorie von allen anderen ab; nach ihr ist die grösste Helligkeit der Venus gerade nur halb so gross als nach der Halley'schen Formel. Eine Entscheidung zu Gunsten der einen oder anderen Theorie lässt sich natürlich nur auf Grund eines umfangreichen zuverlässigen Beobachtungsmateriales treffen. Die einzigen bisher vorhandenen genauen Messungen von Seidel und Zöllner genügen dazu nicht, weil sie lange nicht zahlreich genug sind, und weil sie vor allem ein viel zu kleines Phasenintervall umfassen. Dagegen dürften meine eigenen vieljährigen photometrischen Beobachtungen der Venus in dieser Beziehung allen Anforderungen entsprechen und die nötigen Mittel an die Hand geben, um die interessante Frage auf praktischem Wege zu lösen.

Es ist mir gelungen, in der Zeit vom 9. Dezember 1877 bis 12. Dezember 1890 158 brauchbare Messungen der Lichtstärke der Venus zu erhalten, und zwar bei Phasenwinkeln zwischen 22.5° und 157.5°. Bei besonders günstigen Luftverhältnissen wäre es vielleicht möglich, den Planeten noch etwas näher an die obere und untere Konjunktion heran zu verfolgen; doch müssten dann die Beobachtungen bei so geringen Höhen über dem Horizonte angestellt werden, dass beträchtliche Extinktionskorrektionen erforderlich wären. Schon bei meinen Messungen hat sich dieser Übelstand bisweilen fühlbar gemacht, und die Beobachtungen bei den kleinsten und grössten Phasenwinkeln sind aus diesem Grunde nicht ganz so zuverlässig, wie die bei hohem Stande des Planeten ausgeführten."

In einer ausführlichen Tabelle giebt Dr. Müller die beobachteten Helligkeiten und einen Vergleich mit den berechneten. Aus dieser Tabelle wie auch aus einer graphischen Darstellung ergiebt sich, dass die gesamte Lichtschwankung, welche wir an der Venus beobachten, verhältnismässig geringfügig ist, jedenfalls viel geringfügiger, als man gewöhnlich annimmt; sie beträgt innerhalb eines Phasenintervalles von mehr als 130° nur etwa eine Grössenklasse. „Die Lichtstärke," sagt Dr. Müller, „wächst nach dieser Kurve ganz allmählich an, erreicht das Maximum bei einem Phasenwinkel α von etwa 119° und nimmt erst ungefähr von $\alpha = 140°$ an ziemlich schnell ab. In der Nähe des Maximums verläuft die Kurve so flach, dass die gesamte Lichtänderung von $\alpha = 100°$ bis $\alpha = 140°$, also während eines Zeitraumes von ungefähr 36 Tagen, nur 0.2 Grössenklassen ausmacht, ein Betrag, der sich nur durch zahlreiche gute Messungen mit Sicherheit verbürgen lässt. Will man den Zeitpunkt des grössten Lichtes aus den Beobachtungen mit einiger Zuverlässigkeit ableiten, so sind Messungen bis zu einem Phasenwinkel von mehr als 140° unbedingt erforderlich, und wie schwierig Beobachtungen in solcher Nähe der unteren Konjunktion sind, kann schon daraus ersehen werden, dass mir während eines Zeitraumes von 13 Jahren nur verhältnismässig wenige absolut einwurfsfreie Messungen geglückt sind. So viel geht jedenfalls aus der von mir bestimmten Lichtkurve hervor, dass die grösste Helligkeit der Venus

keine irgendwie bemerkenswerte Erscheinung ist, und dass daher die Angabe der Epochen in den astronomischen Ephemeriden keinerlei praktisches Interesse hat. Ferner kann man aus der Betrachtung der Kurve den Schluss ziehen, dass die Sichtbarkeit der Venus am Tage, welche bisweilen als ein auffallendes Ereignis erwähnt wird und in früheren Zeiten wiederholentlich sogar allgemeines Aufsehen erregt hat, unmöglich nur an eine kurze Zeit gebunden sein kann; man wird vielmehr bei den geringen Helligkeitsschwankungen annehmen dürfen, dass der Planet während des grössten Teiles seiner Sichtbarkeitsdauer am Tage gesehen werden kann. Es wird dies lediglich von der Luftbeschaffenheit und den Vorsichtsmassregeln abhängen, die man beim Aufsuchen anwendet. Im Jahre 1881 ist es mir gelungen, die Venus innerhalb des Zeitraumes von Mitte Februar bis Mitte April stets um Mittag mit blossem Auge zu finden, und selbst Personen, die keine Erfahrung in astronomischen Beobachtungen besassen, konnten den Planeten ohne Schwierigkeit wahrnehmen, wenn ihnen die Himmelsgegend bezeichnet wurde, wo sie ihn zu suchen hatten.“ Dr. Müller hat aus seinen Beobachtungen eine empirische Formel abgeleitet, die als Phasenwinkel des grössten Glanzes $\alpha = 118^0\ 37.1'$ giebt. Die Epochen des grössten Glanzes liegen danach ungefähr 35.6 Tage von der unteren Konjunktion entfernt, also dieser Konstellation noch etwas näher, als nach allen theoretischen Untersuchungen.

Jupiter und seine Monde während der Opposition 1892 hat William H. Pickering auf der Hochstation in den peruanischen Anden beobachtet. Er giebt einen Bericht[1]) über die Ergebnisse dieser Wahrnehmungen, aus dem folgendes ein das Wesentliche umfassender Auszug ist.

Bei der Untersuchung mit dem 13-zölligen Refraktor wurden verschiedene Vergrösserungen angewendet, diejenige von 450-fach gab die besten Bilder in jener klaren und ruhigen Luft. Unter den besten Verhältnissen zeigt sich, dass die Oberfläche des Jupiter aus einer gleichförmigen weissen Masse von Wolken besteht, über welcher ein feiner gazeförmiger Schleier einer braunen Materie ausgebreitet ist, die unseren Cirruswolken nicht unähnlich erscheint. Dieser bedeckt die ganze Oberfläche des Planeten von Pol zu Pol, ist aber an gewissen Stellen dichter als an anderen. Gelegentlich zeigt sich in dieser Schicht eine runde oder elliptische Lücke von 1″ oder 2″ im Durchmesser, die, falls sie auf einem Streifen steht, leicht gesehen werden kann, aber schwierig wahrzunehmen ist, sobald sie zwischen 2 Streifen auftritt. Diese Lücken sind nun die wohlbekannten weissen Fleckchen auf dem Jupiter, und sie bieten mit einer oder 2 Ausnahmen die einzigen Regionen, in denen man die oben erwähnte weisse Masse der eigentlichen Fläche des Jupiter klar sehen kann. Dieser Schluss beruht darauf, dass die

[1]) Astronomy and Astrophysics 1893. Nr. 113. p. 193.

genannten weissen Flecke ohne Beziehung zu den Streifen des Planeten auftreten. An einer Stelle erschien ein helles Streifchen, den dunklen Streifen parallel und etwa 1" breit, auf dem der Cirrusschleier so dünn war, dass man ihn mit Gewissheit nicht erkennen konnte, und diese Stelle war von der übrigen Oberfläche nur dem Grade, aber nicht der Art nach verschieden. Der grosse rote Fleck war während der Opposition äusserst schwach und nur schwierig zu sehen. Der Raum über ihm mit Ausnahme des nachfolgenden Endes war völlig frei von der erwähnten Cirrusformation, und dadurch wurde sein ungefährer Ort angezeigt. Dieser Fleck wurde thatsächlich gewissermassen wie durch eine Höhlung in dem Cirrusschleier gesehen und bildete einen Teil der darunter befindlichen weissen Jupiteroberfläche. Die schleierförmigen Formationen der Jupiteroberfläche schienen in einer sehr transparenten Atmosphäre zu schwimmen, und diese ist es, welche die Absorption verursacht, infolge deren die dunklen Streifen nicht bis genau an den Rand des Planeten verfolgt werden können.

Was die Satelliten des Jupiter anbelangt, so war das benutzte Instrument natürlich nicht im stande, den Barnard'schen fünften Mond zu zeigen. Dagegen zeigte es eine Reihe von Eigentümlichkeiten bei den vier grösseren Monden, über die sich Pickering wie folgt verbreitet:

a. Die relative Helligkeit. Der hellste Trabant ist der dritte, dann folgt der erste, zweite und vierte. Bei einigen Gelegenheiten ist der Trabant 2 so hell als 1, andere Änderungen in der scheinbaren Helligkeit sind nicht bemerkt worden. Die mittleren Sterngrössen der 4 Monde sind nach deren Bestimmungen durch die Harvardsternwarte: 5.2, 5.6, 5.8 und 6.4 Grösse.

b. Um die Scheiben der Monde deutlich zu sehen, ist ein grösseres Instrument erforderlich. Mittels eines solchen findet sich, dass der Mond 3 der grösste ist, 4 steht ihm ein wenig nach, viel kleiner sind 1 und 2. Der 4. Mond ist von Farbe etwas dunkler als die übrigen.

c. Um die Färbungen der Monde zu studieren, bedarf man eines grossen Teleskops und sehr klarer Luft. Nimmt man die Farbe des Jupiter zwischen den dunklen Streifen als normales Mass an, so kann man den 1. und 2. Mond als goldgelb bezeichnen. Beide haben im allgemeinen stets die gleiche Farbe; wenn ein Unterschied besteht, so geht dieser dahin, dem 2. Monde einen schwachen Stich ins Grünliche zu verleihen. Der 3. Mond ist von grünlichgelber Farbe und völlig verschieden von den beiden genannten Satelliten. Der 4. Mond erscheint dunkel grünlichgrau und bestimmt dunkler als die drei anderen.

d. Phasen. Nur die am günstigsten situierten grossen Fernrohre sind im stande, eine Veränderung an den Scheiben der Monde zu zeigen, wenn diese in den Schatten des Hauptplaneten eintreten, also das Vorschreiten dieses Schattens auf den Scheibchen zu zeigen.

Die Schwierigkeit ist um so grösser, je kleiner der betreffende Mond ist.

e. Diffraktionsfleck. Diese Erscheinung wurde zuerst im August 1891 wahrgenommen. Sie besteht in einem dunklen Flecke, der auf der Oberfläche des Satelliten gesehen wird. Wenn das Objektivglas vollkommen genau zentriert ist, sieht man den Fleck mitten auf der Satellitenscheibe, sonst am Rande derselben. Bei guter Luft ist der Fleck sehr klein, wird aber grösser, wenn die Verhältnisse ungünstiger sind. Um den Fleck wahrzunehmen, muss man mindestens eine 700-fache Vergrösserung anwenden. Dieser Fleck ist also eine optische Täuschung und wahrscheinlich Wirkung der Diffraktion.

Vom 8. Oktober 1892 ab begann Pickering eine Reihe von mikrometrischen Durchmesserbestimmungen der Jupitermonde und sah am 9. zu seinem grossen Erstaunen, dass der erste Trabant nicht kreisrund, sondern elliptisch erschien. Beobachtungen am folgenden Abende bestätigten die ersten Messungen. Darauf wurden auch die anderen Monde gemessen, und als der Beobachter schliesslich zum 1. Trabanten zurückkehrte, fand er zu seiner Überraschung, dass dieser jetzt völlig rund erschien, wie die drei anderen Satelliten. „Ich konnte," bemerkt er, „kaum meinen Augen trauen, aber als ich fortfuhr, den Mond länger zu betrachten und zu messen, sah ich dessen Scheibe allmählich die elliptische Gestalt wieder annehmen, und nun verstand ich den wirklichen Vorgang. Der 1. Jupitermond ist ellipsoidisch oder, um den populären Ausdruck zu gebrauchen, eiförmig, die beiden kleinen Axen des Ellipsoids sind anscheinend gleich, und der Trabant rotiert um eine derselben. In den nächsten Wochen zeigte auch jeder der übrigen Satelliten gelegentlich eine elliptische Scheibe, doch war die Elliptizität bei ihnen geringer und, was noch merkwürdiger, diese 3 Satelliten schienen nicht um ihre kleine Axe zu rotieren!" Zunächst glaubte Pickering an irgend eine optische Täuschung, allein es gelang ihm nicht, diese nachzuweisen, und sein Assistent Douglass sah mit ihm zuletzt stets gleichzeitig die Elliptizität, und die von ihm gemessenen Positionswinkel der grossen Axe der Scheibe stimmten gut überein. Eine Erklärung vermag Pickering nicht zu geben und beschränkt sich darauf, folgendes als von ihm ermittelte Thatsachen zu bezeichnen:

1. Der 1. Jupitermond ist flach ellipsoidisch und rotiert um eine seiner kleinen Axen in $13^h\ 3^m$.

2. Die Scheiben des 2., 3. und 4. Mondes erscheinen in regelmässigen Zwischenzeiten ellipsoidisch, und dies scheint durch eine Axendrehung derselben hervorgerufen zu werden. Die Periode des 2. Mondes scheint $41^h\ 24^m$ zu betragen. Beim 3. Monde kann die Elliptizität am leichtesten gesehen werden, und in der That haben Lassell, Secchi und Burton dieselbe schon wahrgenommen. Die kleine Axe ist 0.2″ kürzer als die grosse, der Äquator des Satelliten macht mit der Ebene seiner Bahn einen Winkel

von 18°. Die Rotationszeit scheint mit der Revolutionsdauer übereinzustimmen. Am deutlichsten erscheint die Elliptizität 34 Stunden nach der unteren und oberen Konjunktion. Auf der Oberfläche dieses Mondes sah Pickering einen dunklen Streifen, der Mondhemisphäre angehörig, etwa 15° gegen die Bahnebene dieses Mondes geneigt. Bisweilen zeigt sich der südliche Pol etwas heller als die übrige Scheibe.

Der 4. Mond ist meist kreisrund, aber nahe der Konjunktion ist er elliptisch, und die grosse Axe steht nahezu senkrecht zu seiner Bahn. Umdrehungs- und Umlaufszeit scheinen auch hier zusammenzufallen.

Der fünfte Mond des Jupiter ist von Prof. Barnard wiederholt am grossen Lick-Refraktor beobachtet und seine Position bestimmt worden. Aus seinen Beobachtungen bis zum 15. September 1893 leitet er eine Umlaufszeit dieses Mondes von $11^h\ 57^m\ 22.56^s$ ab, also um 0.50^s kürzer wie die frühere Bestimmung[1].

Mond.

Die Bedeutung der Lick-Photographien des Mondes für das Studium der Oberflächenbeschaffenheit dieses Trabanten ist bereits im III. Bande dieses Jahrbuches hervorgehoben worden[2]. Mit der photographischen Vergrösserung der Original-Negative hat sich seitdem auch H. Krieger erfolgreich beschäftigt. Auf Tafel I ist eine solche Vergrösserung in Lichtdruck reproduziert. Die Platte ist auf dem Lick-Observatorium am 11. Oktober 1891, $7^h\ 27.5^m$ aufgenommen worden. Die vergrösserte Reproduktion giebt das Original vortrefflich wieder. Zu bemerken ist, dass die rillenartige Vertiefung oben rechts einem Fehler in der Platte entspricht und nicht etwa einer Spalte auf dem Monde selbst.

Auch die Gebrüder Henry in Paris haben vortreffliche Mondphotographien erhalten, die vergrössert ein deutliches und detailliertes Bild einzelner Mondgegenden liefern.

Kometen.

Die Kometen des Jahres 1892. Eine Zusammenstellung der Kometenerscheinungen des Jahres 1892 giebt wie alljährlich Prof. H. Kreutz[3]. Folgendes ist ihr entnommen:

„Komet 1890 II. Die letzte Beobachtung im Jahre 1891 vor dem Verschwinden im Tageslichte wurde am 29. Mai auf der Wiener Sternwarte angestellt. Nach dem Wiedererscheinen am Morgenhimmel ist der Komet nur noch in Nizza an 9 Abenden vom 6 Januar 1892 bis 4. Febr. beobachtet worden. Sein Aussehen war das eines sehr schwachen, schlecht begrenzten Nebelfleckes von höchstens 1′ Durchmesser.

---

[1]) Astronomical Journal Nr. 304.
[2]) Klein, Jahrbuch 3. p. 47. 49.
[3]) Vierteljahrsschrift der Astron. Ges. 28. p. 133.

Wolf'scher Komet 1891 II. Im Jahre 1892 hat der Komet bis zu seinem Verschwinden in der Abenddämmerung verfolgt werden können; die letzte Beobachtung ist in Wien am 31. März angestellt worden. Bemerkenswert ist, dass der Komet in der letzten Periode seiner Sichtbarkeit, trotzdem die theoretische Helligkeit allmählich bis auf 0.5 der Helligkeit zur Zeit seiner Wiederauffindung am 1. Mai 1891 herabsank, niemals für grosse Refraktoren ein schwieriges Objekt gewesen ist. Ende Februar 1892 war die Gesamthelligkeit nach Spitaler noch die eines Sternes 11. Grösse, während Anfang Mai 1891, zu welcher Zeit die theoretische Helligkeit dieselbe war, der Komet nicht heller als 13.—14. Grösse geschätzt wurde.

Periodischer Komet Tempel$_3$-Swift 1891 V. Die letzte Beobachtung ist am 21. Januar 1892 auf der Wiener Sternwarte angestellt worden. An diesem Tage war der Komet sehr schwach, wie überhaupt während seiner ganzen Sichtbarkeit wegen seines verwaschenen Aussehens sehr schwierig zu beobachten. Zeitweilig glaubte Spitaler, in unmittelbarer Nähe des Kometen noch ein zweites nebelartiges Objekt zu sehen, das an der Bewegung des ersteren teilzunehmen schien.

Komet 1892 I. Am 6. März 1892, 17^h Ortszeit entdeckte Swift in Rochester, N.-Y., in sehr südlicher Deklination, —30°, einen hellen Kometen, welcher einen stark nach Norden gerichteten Lauf besass und schon nach wenigen Tagen für die Bewohner der Nordhalbkugel die glänzendste Kometenerscheinung wurde, die wir seit dem grossen Septemberkometen von 1882 gehabt haben. Zur Zeit des Maximums der Helligkeit, welche mit der Zeit des Perihelldurchganges, am 6. April nahe zusammenfiel, hatte der Komet die Helligkeit eines Sternes 3.—4. Grösse; der Kopf war hell, rund, mit einem Kerne von 10" bis 15" Durchmesser, welcher deutliche Ausstrahlungen nach der Sonne zu zeigte. Im Vergleiche zum hellen Kopfe war der Schweif des Kometen auffallend schwach. Die meisten Beobachter schildern ihn als schmal und gerade; nur Barnard konnte am 3. April deutlich eine Duplizität desselben erkennen.

Von grösserem Interesse als die direkten Beobachtungen sind die photographischen Aufnahmen des Schweifes, insbesondere diejenigen, welche im März auf der Sternwarte Sydney und im April auf Mount Hamilton angestellt worden sind. Dieselben zeigen, was mit dem Auge nicht erkennbar gewesen ist, dass der Schweif sich in eine Anzahl Strahlen, bis zu 8, ausbreitete, welche teilweise im Zusammenhange mit den Ausstrahlungen des Kernes nach der Sonnenseite hin zu stehen schienen. Ganz besonders prächtig sind die Aufnahmen Barnard's vom 4., 6. und 7. April, auch insofern, als sie ein deutliches Bild von den enormen Veränderungen geben, welche innerhalb weniger Tage in dem Schweife des Kometen vorgegangen sein müssen. Eine ganz eigenartige Erscheinung zeigt die Aufnahme vom 7. April; auf derselben ist nämlich im Schweife des Kometen, 2° vom Kopfe entfernt, eine deutliche Anschwellung sichtbar, welche das Bild eines zweiten Kometen darstellt, aus dessen Kopfe ein neues System von Strahlen auszugehen scheint[1]).

Der Komet blieb bis Anfang Juni dem blossen Auge sichtbar; den Schweif konnte Backhouse in Sunderland noch Ende April ohne optische Hilfsmittel bis auf 11° Länge verfolgen. Mit dem Fernrohre war der Komet auch Ende Januar 1893 noch zu verfolgen; den ganzen Sommer und Herbst hindurch stand er in sehr günstiger Lage am Himmel, so dass ungewöhnlich zahlreiche Ortsbestimmungen erhalten werden konnten.

Das Spektrum des Kometen ist in der Zeit seiner grössten Helligkeit von v. Konkoly, v. Gothard und Campbell eingehend verfolgt worden. Nach v Konkoly zeigte dasselbe am 1. und 2. April ausser dem kontinuierlichen Spektrum fünf helle, aufgeschwollene und verwaschene Linien,

---

[1]) Diese Photographien sind auf Tafel II wiedergegeben.

während nach Campbell, der den Kometen vom 5. April an verfolgte, stets die drei gewöhnlichen Kometenbänder sichtbar waren. Campbell schliesst daraus auf eine, vielleicht im Zusammenhange mit dem Periheldurchgange eingetretene Veränderung im Spektrum, welche aber noch der Bestätigung zu bedürfen scheint, da man die v. Konkoly'schen Linien ihrer Wellenlänge nach wohl auch nur als die helleren Teile der gewöhnlichen Bänder aufzufassen berechtigt ist. Die spektroskopischen Messungen sind von Campbell bis 13. Juni fortgesetzt worden. Es zeigen sich in denselben bemerkenswerte Unterschiede; insbesondere macht Campbell auf eine mit der zunehmenden Entfernung von der Sonne eintretende Verminderung der Wellenlänge der Kante des grünen Bandes aufmerksam. Herr v Gothard hat den Kometen am 4. April spektographisch aufgenommen; seine Messungen bestätigen im allgemeinen diejenigen Campbell's.

Die Bahn des Kometen ist ausgesprochen elliptisch, und zwar gehört derselbe zu der interessanten Kometengruppe, auf welche zuerst Berberich[1]) aufmerksam gemacht hat Die folgenden Elemente sind von Berberich aus Beobachtungen vom 8. März bis 12. Juli abgeleitet; sie stellen den ganzen Lauf des Kometen befriedigend dar.

$$
\begin{aligned}
T &= 1892 \text{ April } 6.69025 \text{ m. Z. Berlin} \\
\left.\begin{aligned} \pi &= 265^{\circ}\ 25'\ 26.5'' \\ i &= 240^{\circ}\ 54'\ 15.4'' \\ \Omega &= 38^{\circ}\ 42'\ 20.6'' \end{aligned}\right\} & \text{ M. Äq. } 1892 \\
\log q &= 0.011499 \\
\log e &= 9.999397
\end{aligned}
$$

Im Jahre 1893 wird der Komet längere Zeit hindurch dem Jupiter ziemlich nahe stehen, so dass seine Bahn nicht ganz unbeträchtliche Störungen erleiden wird.

Komet 1892 II, entdeckt von Denning in Bristol am 18. März 1892. Der Komet stand zur Zeit der Entdeckung im Maximum seiner Helligkeit, war klein, rund, mit einer zentralen Verdichtung 11.12. Grösse und besass keinen Schweif. Dasselbe Aussehen hat derselbe während der ganzen Sichtbarkeitsdauer beibehalten; die letztere war für einen teleskopischen Kometen ungewöhnlich lang, weil der Komet sich 2 Monate nach dem Perihele wieder der Erde näherte und infolge dessen längere Zeit hindurch in unveränderter Helligkeit am Himmel stand. Besondere Eigentümlichkeiten hat der Komet nicht dargeboten.

Aus 3 Beobachtungen, 20. März, 4. und 19. April, hat Dr. Schorr parabolische Elemente abgeleitet, welche sich dem ganzen Laufe des Kometen, soweit die Beobachtungen veröffentlicht sind, befriedigend anschliessen. Dieselben lauten:

$$
\begin{aligned}
T &= 1892 \text{ Mai } 11.22042 \text{ m. Z. Berlin} \\
\left.\begin{aligned} \pi &= 22^{\circ}\ 44'\ 16.0'' \\ \Omega &= 253^{\circ}\ 25'\ 41.6'' \\ i &= 89^{\circ}\ 42'\ \ 4.3'' \end{aligned}\right\} & \text{ M. Äq. } 1892 \\
\log q &= 0.294619
\end{aligned}
$$

Komet 1892 III (Holmes). Am 6. November 1892 entdeckte Holmes in London nahe beim Andromedanebel, in $0^h\ 47^m$ AR und $+38\ 6^{\circ}$ Dekl. eine helle, kreisrunde Nebelmasse von 5′ Durchmesser, mit einer zentralen Verdichtung, aber ohne Kern. Der Umstand, dass der Komet, als welcher sich dieselbe erwies, nahe der Stelle stand, wo der Biela'sche Komet, falls er Ende November seinen niedersteigenden Knoten passierte, sich befinden musste, sowie eine gewisse Ähnlichkeit in der Bewegungsrichtung gab zunächst Anlass zur Vermutung der Identität beider Himmelskörper. Dieselbe musste aber sofort sich als trügerisch erweisen, sobald die ersten genauen Beobachtungen vorlagen und ein von der Bahn des Biela'schen

[1]) Astron. Nachr. Nr. 2161.

Kometen vollständig verschiedenes Elementensystem lieferten Wenn die Bahn zunächst sich auch noch sehr unsicher bestimmte, so zeigte sich doch schon jetzt, dass der Komet seit vielen Monaten sein Perihel passiert haben musste und sich zur Zeit der Entdeckung bereits in einer für seine Helligkeit ungewöhnlich grossen Enfernung von der Sonne befand. Weitere Untersuchungen ergaben sodann, dass die Bahn des Kometen elliptisch ist und sich den Kometenbahnen mit kurzer Umlaufszeit anreiht.

Das Aussehen des Kometen, der 2 Tage nach der Entdeckung auch von Anderson in Edinburgh, sowie am 9. November von Davidson in Mackay, Queensland, aufgefunden wurde, änderte sich zunächst wenig; nur ging Hand in Hand mit der Lichtabnahme eine bedeutende Vergrösserung der Koma, die allmählich bis zu 30′ (Ende November) anwuchs. Zugleich war die Durchsichtigkeit der blassen Nebelmasse so gross, dass schwache Sterne selbst durch den dichtesten Teil des Kometen hindurch gesehen werden konnten. Das Fehlen eines eigentlichen Kernes wirkte sehr ungünstig auf die Ortsbestimmungen ein, so dass ganz beträchtliche Unterschiede zwischen denselben auftreten.

Ein kurzer, schwacher Schweif, der sich aber kaum über die Koma hinaus zu erstrecken schien, war gleich in den ersten Tagen nach der Entdeckung sichtbar. Eine am 10. November von Barnard aufgenommene Photographie zeigt denselben in einer Länge von über $^1/_2{}^0$; auf derselben Platte war ferner am Ende des Schweifes, 1^0 vom Kopfe entfernt, eine schwache, diffuse Nebelmasse zu erkennen, deren Zusammenhang mit dem Kometen wohl ausser Zweifel steht, und welche auch von Campbell bei Gelegenheit seiner spektroskopischen Beobachtungen am 8. und 9. November bemerkt worden ist. Ein von Deslandres in Paris auf einer photographischen Aufnahme vom 21. November bemerkter Anfang einer Verdoppelung des Kernes ist durch anderweitige Beobachtungen nicht bestätigt worden.

Bis zum Eintritte des Mondscheins, Ende November, blieb der Komet dem blossen Auge als blasser, kleiner Nebel sichtbar; Anfang Dezember war er auch mit mittleren Fernrohren noch leicht zu beobachten, nahm dann aber so rapid an Helligkeit ab, dass er Anfang Januar 1893 nur noch mit den grossen Refraktoren, und auch hier nur mit Mühe, verfolgt werden konnte. Ein ganz abnormes Verhalten zeigte der Komet, dessen rapide Lichtabnahme schon nicht im Einklange mit der theoretischen Helligkeit gestanden hatte, am 16 Januar 1893. Während derselbe noch am 12. Januar im grossen Strassburger Refraktor nur mit Schwierigkeit hatte beobachtet werden können, fanden an dem genannten Tage Palisa in Wien und Kobold in Strassburg an dem Ephemeridenorte ein helles, fixsternartiges Objekt 7.8 Grösse mit einer Nebelhülle von 30″ Durchmesser, welches sich sehr bald als der gesuchte Komet erwies. Koma und Schweif waren ganz verschwunden. Schon in den nächsten Tagen begann der Komet, allmählich sein gewohntes Aussehen wieder anzunehmen. Am 23. Januar war die Koma bereits wieder auf 2′ Durchmesser angewachsen; die Gesamthelligkeit war aber immer noch die eines Sternes 8. Grösse. Weitere Beobachtungen müssen entscheiden, ob eine ebenso rapide Lichtabnahme wie im Dezember 1892 eintritt; nach den neuesten Nachrichten erscheint eine solche wahrscheinlich.

Das Spektrum des Kometen ist nach den Mitte November von Campbell, Vogel und Keeler angestellten Beobachtungen im Gegensatze zu allen anderen Kometenspektren ein rein kontinuierliches gewesen. Eingehende spektroskopische Beobachtungen aus der Zeit des Aufleuchtens im Januar 1893 liegen noch nicht vor; Kammermann in Genf konnte auch zu dieser Zeit mit einem kleinen Okularspektroskope im kontinuierlichen Spektrum keine Linien oder Bänder wahrnehmen.

Von den zahlreichen veröffentlichten Elementensystemen des Kometen möge hier dasjenige von Schulhof[1]) angeführt werden:

---

[1]) Astron. Nachr. No. 3140.

Epoche 1892 Dezember 13.5 m. Z. Berlin

$M = 26^\circ\ 8'\ 18.0''$
$\pi = 345^\circ\ 53'\ 12.2''$ } M. Äq. 1892
$\Omega = 331^\circ\ 42'\ 12.1''$ }
$i = 20^\circ\ 47'\ 22.9''$ }
$\varphi = 24^\circ\ 13,\ 12.6''$
$\mu = 513.548$
$\log a = 0.559617$
$U = 6.909$ Jahre
$T = 1892$ Juni 13.17 m. Z. Berlin.

Der Komet bewegt sich hiernach vollständig innerhalb der Jupitersbahn; die kürzeste Distanz beider Bahnen beträgt 0.4. Seit 1861 hat jedenfalls keine grosse Annäherung an Jupiter stattgefunden. Die kleine Exzentrizität hat der Komet gemeinsam mit dem periodischen Kometen Tempel$_1$ ($\varphi = 23^\circ\ 54'$); die obere Grenze der bei den kleinen Planeten auftretenden Exzentrizitäten wird mit diesen Werten nahezu erreicht

Nach vorstehenden Elementen müsste der Komet schon vor seiner Entdeckung mehrere Monate hindurch in günstiger Lage und in beträchtlicher Helligkeit am Himmel gestanden haben. Mit Ausnahme einer kurzen Notiz, nach der W. A. Post in Newport News., Va., den Kometen am 3. November gesehen, jedoch ihn für einen bekannten Nebel gehalten haben soll, ist aber nichts darüber bekannt geworden, dass er vor seiner Entdeckung bemerkt oder zufällig photographiert worden sei. Ein auf einer von Schooling am 26. Oktober aufgenommenen Photographie der betreffenden Himmelsgegend befindliches kometenartiges Objekt gehört sicher nicht dem Kometen an. Der Entdecker selbst erklärt, am 25. Oktober die Umgegend des Andromedanebels durchstreift aber nichts Besonderes bemerkt zu haben. Es muss hiernach als ziemlich wahrscheinlich angenommen werden, dass der Komet erst kurz vor dem 6 November zu der beträchtlichen Helligkeit, die er an diesem Tage besessen hat, gelangt ist, und dass er sich vorher durch Lichtschwäche der Entdeckung entzogen hat. Dies würde auch ungezwungen erklären, warum ein so heller periodischer Komet in früheren Erscheinungen nicht aufgefunden worden ist, zumal mindestens seit 1861 eine bedeutende Änderung seiner Bahn nicht gut stattgefunden haben kann. Die Ursache eines so plötzlichen Aufleuchtens in beträchtlicher Entfernung von der Sonne muss uns vorläufig, solange wir keine eingehendere Kenntnis der Kometenmaterie besitzen, ein Rätsel bleiben; Referent möchte nur an dieser Stelle darauf aufmerksam machen, dass solche aussergewöhnliche Lichtentwickelungen auch der Grund sein können, warum wir z. B. den de Vico'schen Kometen nur in einer Erscheinung beobachtet haben. Auch bei dem Brorsen'schen Kometen, dessen Aussehen gewisse Ähnlichkeit mit dem Kometen Holmes gezeigt hat, wird man berechtigt sein, abnorme Lichtverhältnisse als Grund für seine Nichtwiederauffindung 1889—90 anzunehmen.

Winnecke'scher Komet 1892 IV. In der Erscheinung 1892 wurde der Winnecke'sche Komet nach der Vorausberechnung von v. Haerdtl am 18. März in Wien als äusserst schwacher, kleiner Nebel mit einem deutlichen, fixsternartigen Kern 16. Grösse aufgefunden. Zuerst blieb der Komet noch ausserordentlich schwach; erst von Mitte April ab konnte er auch in mittleren Fernrohren beobachtet werden. Die Helligkeit nahm sodann mit dem Herannahen an das Perihel, das auf den 30. Juni fiel, stark zu. Ende Mai war der Komet 9.10. Grösse. Mitte Juni 8., am 21. Juni trotz des tiefen Standes $6^1/_2$—7. Grösse. Mit Ende des Monats mussten die Beobachtungen zunächst ihr Ende finden, weil der Komet im Tageslichte verschwand. Nach dem Perihele war der Komet längere Zeit auf der südlichen Halbkugel sichtbar.

Wenn man bedenkt, dass der Komet in früheren Erscheinungen bis zur Lichtintensität $J = 0.2$ verfolgt worden ist, hätte man wohl eine frühere

Auffindung als am 18. März ($J = 0.6$) erwarten können. Es ist jedoch hierbei zu beachten, dass der Komet erst beim Herannahen an das Perihel bedeutendes Eigenlicht auszustrahlen beginnt, und dass er auch nach dem Perihele, wie schon Winnecke 1869 gezeigt hat, heller zu sein scheint als in gleichen Abständen vor demselben. Im übrigen ist das Aussehen des Kometen analog demjenigen in früheren Erscheinungen gewesen; zur Zeit der günstigsten Sichtbarkeit, Ende Mai, als der Komet noch nicht zu tief am Horizonte stand, bestand derselbe aus einer 6' grossen, runden Nebelhülle, die sich ganz allmählich nach der Mitte zu verdichtete und dort einen fixsternartigen Kern 12 Grösse zeigte. Die Verdoppelung des Kernes, die 1869 bemerkt wurde, ist diesmal nicht aufgetreten. Die Erscheinung 1892 gehört überhaupt zu den günstigsten, welche der Komet aufzuweisen hat; der Erde ist derselbe am 9. Juli bis auf 0.12 nahe gekommen.

Von den 3 Elementensystemen, welche Freiherr v. Haerdtl für verschiedene Perioden der Sichtbarkeit berechnet hat, folgt, hier das zweite, welches der Ephemeride vom 15. April bis 22. September zu Grunde gelegt ist.

Epoche 1892 Juli 4.0 m. Z Berlin

$$
\begin{aligned}
M &= 0^\circ\ 31'\ 14''7 \\
\pi &= 276^\circ\ 11'\ 4.5'' \\
\Omega &= 104^\circ\ 4'\ 37.0'' \\
i &= 14^\circ\ 31'\ 33.6'' \\
\varphi &= 46^\circ\ 33'\ 4.8'' \\
\mu &= 609.67213'' \\
\log a &= 0.509940 \\
T &= 1892 \text{ Juni } 30.93 \text{ m. Z. Berlin.}
\end{aligned}
$$

(π, Ω, i: M. Äq. 1890)

Komet 1892 V (Barnard 12. Oktober). Der Komet bildet insofern eine wichtige Epoche in der Kometenastronomie, als er, wenn man von dem Sonnenfinsterniskometen vom 17. Mai 1882 absieht, der erste ist, welcher auf photographischem Wege entdeckt worden ist Als nämlich Barnard auf Mount Hamilton am 12. Oktober eine in derselben Nacht von der Umgegend von α Aquilae aufgenommene photographische Platte entwickelte, fand er auf derselben die Spur eines Kometen, dessen Vorhandensein schon in der folgenden Nacht mit dem 12-Zöller der Lick-Sternwarte konstatiert werden konnte Der Komet zeigte sich als ein schwaches Objekt von 1' Durchmesser in der Helligkeit eines Sternes 12.13 Grösse; gegen die Mitte zu verdichtete er sich, ohne dass aber ein eigentlicher Kern zu erkennen war. Die Helligkeit des Kometen änderte sich während der ganzen Erscheinung sehr wenig, da die zunächst eintretende Verringerung des Radiusvektors durch die Zunahme der Entfernung von der Erde kompensiert wurde. Soweit die Beobachtungen veröffentlicht sind, ist der Komet vom Entdecker selbst zuletzt am 21. November beobachtet worden; keinesfalls dürfte sich die Sichtbarkeit über den Monat Dezember hinaus erstreckt haben.

Der Komet gehört zur Klasse der Kometen mit kurzer Umlaufszeit; die Elemente, welche Prof. Krueger aus 3 Beobachtungen, 16. Oktober 27. Oktober und 7. November abgeleitet hat, lauten:

Epoche 1892 Oktober 27.5 m. Z. Berlin

$$
\begin{aligned}
M &= 353^\circ\ 2'\ 8.8'' \\
\pi &= 16^\circ\ 52'\ 36.0'' \\
\Omega &= 206^\circ\ 38'\ 44.9'' \\
i &= 31^\circ\ 12'\ 28.1'' \\
\varphi &= 35^\circ\ 32'\ 13.1'' \\
\mu &= 562.823'' \\
\log a &= 0.533090 \\
U &= 6.3 \text{ Jahre} \\
T &= 1892 \text{ Dezember } 11.05 \text{ m. Z. Berlin.}
\end{aligned}
$$

(π, Ω, i: M. Äq. 1892)

Bemerkenswert ist, dass die Elemente eine frappante Ähnlichkeit mit denen des Wolf'schen Kometen zeigen, so dass an einem gemeinsamen Ursprunge beider Himmelskörper wohl nicht zu zweifeln ist.

Komet 1892 VI (Brooks 28. August), entdeckt von Brooks in Geneva, N. Y., als mässig heller, runder Nebel mit deutlichem Kerne und kurzem, schwachem Schweife. Da der Komet sich längere Zeit hindurch der Sonne und Erde zugleich näherte, zeigte er in den nächsten Monaten eine stark zunehmende Helligkeit, so dass er im November dem blossen Auge, wenn auch nur schwach, sichtbar wurde. Der Schweif konnte zu dieser Zeit mit einem Kometensucher bis auf $2^1/_2{}^0$, auf einer von Archenhold am 26. November aufgenommenen photographischen Platte bis 5^0 Länge verfolgt werden. Leider hatte der Komet eine stark nach Süden gerichtete Bewegung, so dass er zur Zeit des Maximums der Helligkeit, Mitte Dezember, auf der nördlichen Halbkugel nur noch in unmittelbarer Nähe des Horizontes gesehen werden konnte. Zuletzt ist der Komet auf unserer Hemisphäre, soweit bekannt, am 27. November in Prag beobachtet worden. Auf der südlichen Halbkugel, die rechtzeitig von der Zentralstelle benachrichtigt wurde, bildete der Komet noch mehrere Monate hindurch ein für die Beobachtung günstiges Objekt.

Das Spektrum des Kometen ist am 9. November von Campbell auf Mt. Hamilton untersucht worden. Es zeigten sich neben dem kontinuierlichen Spektrum die drei gewöhnlichen Kometenbänder, von denen aber nur die weniger brechbare Kante des grünen Bandes scharf genug zur Messung war.

Die folgenden Elemente von Prof. Oppenheim sind aus Beobachtungen vom 1. September bis 30. Oktober abgeleitet.

$$T = 1892 \text{ Dezember } 28.1351 \text{ m. Z. Berlin}$$

$$\left.\begin{aligned} \pi &= 157^0\,12'\;\;7.2'' \\ \Omega &= 264^0\,29'\,31.8'' \\ i &= 14^0\,47'\,47.1'' \end{aligned}\right\} \text{M. Äq. } 1892$$

$$\log q = 9.989\,320$$

Komet 1893 I (Brooks 1892 19. November). Der Komet wurde ebenfalls von Brooks in Geneva, N.Y., am 19. November 1892 am Morgenhimmel entdeckt. Sein Aussehen war das eines ziemlich hellen, runden Nebels 10. Grösse von 1' Durchmesser; gegen die Mitte zu, aber nicht ganz konzentrisch liegend, zeigte sich eine beträchtliche Verdichtung; ein Schweif war nicht vorhanden. Der Komet besass eine stark nach Norden gerichtete Bewegung; Mitte Dezember wurde er für unsere Breiten circumpolar und erreichte Anfang Januar 1893 mit $+66^0$ seine nördliche Deklination. Zu derselben Zeit befand er sich im Maximum seiner Helligkeit, der achtfachen derjenigen zur Zeit der Entdeckung; der Durchmesser der Nebelhülle war auf 2'—3' angewachsen; ein deutlicher Kern und ein kurzer fächerförmiger Schweif waren sichtbar.

Die nachfolgenden (provisorischen) Elemente sind von Dr. Ristenpart abgeleitet aus einer Zwischenzeit von 28 Tagen

$$T = 1893 \text{ Januar } 6.501\,95 \text{ m. Z. Berlin}$$

$$\left.\begin{aligned} \pi &= 270^0\;41'\;22.7'' \\ \Omega &= 185^0\;33'\;54.3'' \\ i &= 143^0\;49'\;23.9'' \end{aligned}\right\} \text{M. Äq. } 1890$$

$$\log q = 0.077\,628$$

Der periodische Komet 1886 IV (Brooks) ist auch im Frühjahre 1892 nicht aufgefunden worden. Derselbe dürfte, da sich seine Umlaufszeit aus der ersten Erscheinung nur sehr unsicher bestimmt, wohl nahezu als verloren betrachtet werden. Jedenfalls wird seine Aufsuchung in späteren Erscheinungen die Herstellung von sehr umfangreichen Ephemeriden erfordern.

Im Frühjahre 1892 war ferner nach der Vorausberechnung von Prof. R. Gautier die Wiederkehr des periodischen Kometen Tempel$_1$ zu erwarten.

Die Sichtbarkeitsverhältnisse gestalteten sich etwas günstiger als 1885, aber doch hat der Komet nicht diejenige theoretische Helligkeit erlangt, bei der in früheren Erscheinungen die Beobachtungen wegen Lichtschwäche schon hatten abgebrochen werden müssen. Dazu kam, dass derselbe in sehr südlicher Deklination stand, so dass von vornherein die Möglichkeit, ihn auf der Nordhalbkugel aufzufinden, als nahe aussichtslos betrachtet werden musste. In der That sind alle Versuche, den Kometen wieder zu finden, vergebens gewesen; auch auf der Südhalbkugel ist im Juni 1892 von Tebbutt in Windsor vergebens nach ihm gesucht worden. Es ist dies um so mehr zu bedauern, als der Komet in mehrfacher Beziehung zu den interessanteren seiner Klasse gehört.

Ein merkwürdiges Objekt, das Professor M Wolf auf seinen photographischen Platten vom 19. und 20. März 1892 in $\alpha = 11^h\ 32^m$, $\delta = + 10.5^0$ (M. Äqu. 1855) aufgefunden hat, und das derselbe geneigt ist, für eine kometenartige Erscheinung zu halten, fehlte auf einer weiteren Aufnahme vom 22. März; auch die Nachforschungen von Spitaler vom 24. bis 31. März am grossen Wiener Refraktor sind erfolglos geblieben. Die Möglichkeit, dass das Objekt eine Reflexerscheinung des nahe stehenden Saturn gewesen ist, hält der Entdecker für nicht ganz ausgeschlossen, aber doch für unwahrscheinlich."

Der wahrscheinliche Ursprung des Holmes'schen Kometen. Der am 6. November 1892 von Holmes zu London entdeckte Komet hat infolge mehrerer Eigentümlichkeiten die allgemeine Aufmerksamkeit der astronomischen Welt auf sich gelenkt. In der That steht er unter den Himmelskörpern, die innerhalb unseres Sonnensystems gesehen worden sind, völlig einzig da. Zunächst hatte seine sehr langsame scheinbare Bewegung der ersten Bahnberechnung Schwierigkeiten bereitet, so dass man anfänglich selbst über die Richtung der Bewegung unsicher war; dann aber ergab sich, dass der Komet sich ununterbrochen von der Sonne und der Erde entfernte und beiden lange vor dem 6. November am nächsten war. Er musste also vorher heller und grösser erscheinen und ist dennoch nicht gesehen worden. Dass ein so helles Gestirn lediglich übersehen worden sein soll, ist bei der Aufmerksamkeit, mit welcher der Himmel gegenwärtig gerade nach Kometen durchsucht wird, schwer anzunehmen, ganz abgesehen davon, dass Holmes ausdrücklich versichert, er habe die Gegend des Himmels, wo er am 6. November den Kometen sah, vorher wiederholt sorgfältig durchmustert, ohne ein verdächtiges Objekt zu finden. Das plötzliche Auftauchen des Kometen ist also eine sehr auffällige Erscheinung. Eine andere Anomalie, die der Komet darbot, war, dass er, obgleich er sich von Sonne und Erde entfernte, sein scheinbarer, also auch sein wahrer Durchmesser an Grösse zunahm, während seine Helligkeit sank. S. J. Corrigan hat nun eine merkwürdige Hypothese [1]) aufgestellt, um diese Eigentümlichkeiten zu erklären. Er nimmt an, dass dieser Komet seinen Ursprung dem Zusammenstosse zweier (bekannter oder noch unbekannter) Asteroiden verdankt. Diese Hypothese hat auf den ersten Blick so viel Überschwängliches an sich, und sie steht unseren bisherigen Erfahrungen

[1]) Astronomy and Astrophysics Nr. 111. p. 24

so fremd gegenüber, dass man sich zunächst nicht sehr für sie erwärmen wird. Indessen, bei näherem Zusehen verliert sie manches Befremdliche und erscheint diskutabler. „Das Resultat eines solchen Zusammenstosses," sagt Corrigan, „müsste, selbst bei mässiger linearer Geschwindigkeit, sein, dass beide Körper in Gas- oder Dampfform aufgelöst würden oder vielmehr in ein Gemisch von Gasen und Dämpfen. Die spektroskopischen Beobachtungen des Kometen Holmes scheinen anzudeuten, dass derselbe hauptsächlich, wenn nicht ausschliesslich, nur in reflektiertem Sonnenlichte glänzte, so dass er wahrscheinlich aus sehr kleinen festen Teilchen besteht. Der Durchmesser einer Dampfkugel, welche durch den angenommenen Zusammenstoss entstand, würde sich nach demselben rasch vergrössern müssen, was mit einer gleichzeitigen Abnahme der Helligkeit zusammenfallen würde. Die von Dr. Kreutz berechneten Bahnelemente des Holmes'schen Kometen, welche der Wahrheit jedenfalls nahe entsprechen müssen, haben grosse Ähnlichkeit mit denjenigen eines Planeten aus der Gruppe der Asteroiden. Die Exzentrizität seiner Bahn beträgt 0.417 209, die Neigung der Bahn gegen die Ebene der Ekliptik 20° 54′, die Umlaufszeit 7.09 Jahre. Eine genauere Prüfung lässt erkennen, dass unter den bekannten Asteroiden sich keine befinden, die gegen den 6. November 1892 zusammengestossen sein können; doch spricht dies nicht gegen die Hypothese, da man, besonders nach den neuesten photographischen Entdeckungen, annehmen muss, dass die grösste Mehrzahl der zwischen Mars und Jupiter zirkulierenden Planetoiden noch unentdeckt ist". Man könnte zwar auch annehmen, der Komet sei durch Explosion eines einzigen Asteroiden entstanden, allein eine solche Annahme würde, wie Corrigan richtig bemerkt, die Schwierigkeiten des Problems nicht vermindern, sondern weit eher vermehren. Auch bemerkt derselbe, dass möglicherweise einige andere Kometen von kurzer Umlaufszeit, z. B. der Faye'sche, der d'Arrest'sche und die Tempel'schen Kometen in ähnlicher Weise durch Zusammenstoss von Mitgliedern der Asteroidengruppe entstanden sein könnten.

Kometengruppen. Dr. Berberich hat die Frage erörtert[1]), ob bei den Kometen wirklich Bahnverwandtschaften vorkommen, die nicht als bloss zufällige zu betrachten sind, sondern auf einen gemeinsamen Ursprung in der Entstehung der scheinbar zusammengehörigen Kometen hindeuten würden. „Die Antwort," sagt Dr. Berberich, „scheint bereits der Komet Biela zu liefern, der in 4 Erscheinungen bis 1832 als einfaches, 1846 und 1852 hingegen als Doppelgestirn beobachtet worden ist. Das erste Mal waren die beiden Teile noch ziemlich nahe beisammen (40 000 Meilen) und passierten ihre Sonnennähe nur 2 Stunden nacheinander; im Jahre 1852 sind die Periheldurchgänge bereits um 8 Stunden verschieden. Bei diesen beiden Kometen ist die ursprüngliche Zusammengehörigkeit direkt erwiesen; leider war jener Zerteilung schnell die völlige Auflösung in einen Sternschnuppenschwarm (oder mehrere Meteorwolken) gefolgt, und damit ist es für uns sehr schwierig geworden, die Weiterentwickelung des

[1]) Naturw. Rundschau 1893. Nr. 18.

Teilungsvorganges zu studieren. Doch lehren uns die Erscheinungen der Bielasternschnuppen von 1872, 1885 und 1892, dass die einzelnen Körperchen trotz weiten räumlichen Abstandes von einander doch noch immer nahe die gleiche Bahn beschreiben, die ihnen ursprünglich eigen war.

Von dem unbedeutenden, nur kurze Zeit beobachteten Doppelkometen 1860 I wollen wir absehen; das Jahr 1889 hat uns ja in dem Kometen Brooks, der wohl mit dem Lexell'schen identisch ist, ein neues und sehr interessantes Beispiel eines mehrfachen Kometen gebracht, dessen kurze Umlaufszeit uns hoffen lässt, noch genauere Forschungen über den Fortgang der Teilung anstellen zu können. Es sei nur kurz erwähnt, dass man die Begleitnebel erst 4 Wochen nach der Entdeckung des Kometen selbst wahrnahm, dass sie auffallende Änderungen in ihrem Aussehen zeigten, dass sie sich gewissermassen zertreuten bis auf einen, der zeitweilig heller war als der Hauptkomet, aber doch im Winter 1889/90 einige Monate vor diesem unsichtbar wurde. Aus den Berechnungen von Bredichin und Chandler scheint hervorzugehen, dass die Lostrennung der Begleiter vom Hauptkometen im Jahre 1886 stattgefunden hat, als der Komet so äusserst nahe bei dem Jupiter vorbeiging, dass seine vorher mehr als 40-jährige Umlaufszeit in eine 7-jährige verwandelt wurde. In jeder der nächsten Erscheinungen werden die Begleiter weiter vom Hauptkometen entfernt sein, und sie werden im Jahre 1921, wo wieder eine starke Annäherung an Jupiter stattfindet, verbunden mit wesentlichen Bahnveränderungen, ungleich abgelenkt werden; ihre Bahnen werden dann nur noch eine allgemeine Ähnlichkeit zeigen, die ebensogut dem Zufalle zugeschrieben werden könnte als einem gemeinsamen Ursprunge, wenn man eben den letzteren nicht gewissermassen direkt beobachtet hätte

Bei den betrachteten 2 Kometen Biela und Brooks waren die Umlaufszeiten der einzelnen Glieder nur um einige Stunden verschieden; ganz anders liegen die Verhältnisse bei dem „grossen Septemberkometen“ 1882 II. Derselbe war bekanntlich der Sonnenoberfläche bis auf 30000 Meilen nahegekommen, sein Kern hatte sich dabei stark erhitzt und weit ausgedehnt und zerfiel dann in mehrere (4) einzelne Kerne, die ihren Lauf ganz unabhängig fortsetzten. Prof. Kreutz fand für sie die Umlaufszeiten 670, 770, 880 und 960 Jahre, so dass es also einige hundert Jahre dauern wird, bis die Teile dieses Kometen alle der Reihe nach wieder erschienen sein werden. Von J. Schmidt und E. Hartwig wurde anfangs Oktober 1882 noch ein Nebel nahe beim grossen Kometen beobachtet, der offenbar von diesem herstammte, aber sogar mit anscheinend hyperbolischer Geschwindigkeit in den Weltraum hinausgetrieben wurde.

Es ist nun eine sehr naheliegende Annahme, dass solche Teilungen unter gleichen Verhältnissen sich wiederholen mögen; man kann es also wohl für möglich und auch für wahrscheinlich halten, dass von dem Kerne des grossen Septemberkometen schon bei früheren Vorübergängen bei der Sonne sich Teile losgelöst haben, die lange vor oder nach dem Hauptkörper als selbständige Kometen wiederkehren konnten. So ist es denkbar, dass die Kometen von 1668, 1689, 1835, 1880 I und 1887 I, ausserdem einige andere unvollständig oder ungenau beobachtete, ursprünglich von einem einzigen Riesenkometen abstammen; die Möglichkeit wird fast zur Gewissheit, wenn man ausrechnet, wie unendlich gering die Wahrscheinlichkeit blossen Zufalles bei der grossen Übereinstimmung der Bahnen ist. Wenn also die Existenz überhaupt eines Kometensystems für sicher zu erachten ist, dann ist es das hier genannte, zu dem wir wohl auch den Kometen des Aristoteles (372 v. Chr.) zu rechnen haben. Eben bei diesem Systeme wurde 1882 die abermalige Vermehrung konstatiert, doch, wie es scheint, an dem ganz kopflosen, in einen langen Nebelstreifen verwandelten Kometen 1887 I auch die Vernichtung solcher Körper.“

Dr. Berberich weist darauf hin, dass möglicherweise auch beim Biela'schen Kometen noch mehrere Glieder eines ganzen Systemes existieren

oder wenigstens existiert haben. „Der von Coggia und Winnecke im Dezember 1873 entdeckte VII. Komet dieses Jahres läuft in einer Bahn, die mit der Bielabahn grosse Ähnlichkeit, noch grössere mit der des Kometen 1818 I aufweist. Aus den langwierigen Rechnungen, die L. Schulhof in Paris ausgeführt hat, geht hervor, dass eine Identität zwischen 1818 I und 1873 VII nicht besteht; dagegen schliesst dieser Gelehrte auf ursprüngliche Beziehungen zu dem recht hellen ersten Kometen von 1457, die bei Vergleichung der Bahnelemente deutlich in die Augen springen:

Komet	π	Ω	i	q
1457 I	44.5°	249.7°	13.3°	0 703
1818 I	84.9	252.9	21.5	0.703
1873 VII	85.7	250.3	30.0	0.734
Biela	109.5	251.2	13.6	0.906

Der Biela'sche Komet konnte nur in besonders günstigen Fällen und nur in südlicheren Ländern für das blosse Auge auf kurze Zeit sichtbar werden; es ist also nicht zu verwundern, dass nicht mehr Nachrichten aus früherer Zeit über ihn vorhanden sind. Wohl mögen etliche der zahlreichen unklar und mit allerlei philosophisch-theologischen Zuthaten ausgeschmückten Aufzeichnungen über Kometen hierher gehören, ein direkter Beweis ist aber nicht zu erbringen Nichtsdestoweniger darf man aber mit Schulhof die Existenz eines Bielasystems als nicht unwahrscheinlich ansehen, nur mag es, wie schon gesagt, zum grossen Teile der Vergangenheit angehören.

Prof Bredichin hat den Ursprung des periodischen Kometen überhaupt auf solche Teilungen zurückgeführt, und seine Hypothese erhält durch den am 12. Oktober 1892 von Barnard photographisch entdeckten Kometen eine erhebliche Stütze. Dr. Berberich hat bereits früher darauf hingewiesen, dass die Bahn dieses Kometen mit der des Wolf'schen 1884 III = 1891 II sehr grosse Ähnlichkeit aufweist; dabei muss man noch die Bahn vergleichen, welche letzterer Komet vor der grossen Jupiterstörung im Jahre 1875 beschrieben hat. Vielleicht ist auch der von Coggia am 19. August 1874 entdeckte Komet 1874 IV von etwa 300 Jahren Umlaufszeit dieser Gruppe zuzurechnen.

Komet	π	Ω	i	e	U
Barnard . . .	17°	207°	31°	0.581	6.31 Jahre
Wolf 1884 . .	19	206	25	0.561	6.68 „
Wolf 1875 . .	6	208	29	0.393	8.54 „
Coggia 1874 .	5	216	34	0.963	300 „

Wie Schulhof nachgewiesen hat, erklären sich diese Bahndifferenzen, wenigstens für die Kometen Barnard und Wolf, ganz durch die im Laufe der Zeit vorgekommenen Jupiterstörungen

Auch der oben erwähnte Komet Brooks-Lexell könnte noch „Verwandte“ haben in den Kometen Faye, de Vico und einigen älteren, doch fehlen hierüber bisher gründliche Untersuchungen.

„Dagegen hat das Jahr 1881 eines der merkwürdigsten Beispiele von Bahnähnlichkeiten gebracht in dem grossen Kometen 1881 III Tebbutt. Dieser auf der südlichen Halbkugel im Mai erschienene Komet lief so nahe in der Bahn des grossen Kometen von 1807, dass Gould in Cordoba den nördlichen Sternwarten das neue Gestirn kurz als den 1807er Kometen meldete, womit er völlig den Zweck erreichte, dass sich hier die Astronomen den Lauf des Kometen vorausberechnen konnten. Nach Bessel's Rechnungen kann der frühere Komet aber nicht vor dem Jahre 3300 wiederkommen, und die Bahn des Kometen 1881 III hat sogar an 3000 Jahre Umlaufszeit. Schon im Dezember 1880 war von Pechüle in Kopenhagen ein anderer Komet entdeckt worden, dessen Bahn der des grossen Kometen von 1807 noch näher kommt, aber natürlich auch nicht mit ihm identisch ist. Es wurde allgemein als zweifellos betrachtet, dass diese 3 Kometen

ein System bilden, ähnlich wie das des grossen Septemberkometen von 1882. Sowie aber nachträglich ein Glied des letzteren im Jahre 1887 erschien, so sind wohl dem Systeme von 1807 noch die drei in den letzten Jahren erschienenen Kometen 1888 I Sawerthal, 1889 IV Davidson und 1892 I Swift zuzurechnen. Nicht bloss die Bahnähnlichkeit selbst — denn es könnten noch Kometen von stark veränderten Bahnen hierher gehören —, sondern namentlich das physische Verhalten der Kometen spricht für diese Annahme.

Der Komet Sawerthal zeichnete sich besonders durch seinen doppelten Kern aus; wir haben hier die gleiche Erscheinung wie bei dem grossen Septemberkometen, die Hindeutung auf eine vor sich gehende Trennung in zwei selbständige Weltkörper Wie dort, so mag auch hier zwischen der Wiederkehr der beiden Teile ein längerer Zeitraum verfliessen, es werden dann also 2 Kometen mit ähnlichen Bahnen vorkommen. Über den Kometen Davidson liegt gleichfalls, freilich nur von einem Beobachter, eine Wahrnehmung eines Doppelkernes vor, und endlich scheint auch Komet Swift einen nicht ganz homogenen Kern zu besitzen. Von Interesse ist die Thatsache, dass die vermutlich in dieses System gehörenden Kometen Umlaufszeiten von mässiger Grösse besitzen, und dass namentlich die Bahnexzentrizitäten sehr ähnlich sind. Ihre Bahnen liegen aber derart, dass sie von einzelnen Planeten stark geändert werden können, und dies wird sich namentlich in den Umlaufszeiten und Exzentrizitäten aussprechen. Allein auch von einem Fixsterne können die Störungen merklich werden, und zwar von dem Sirius. Die Bahnaphelien liegen nämlich ungefähr in der Richtung des Sirius. und obgleich die Kometen dort von diesem mindestens einige hundert Male weiter entfernt sind, als von unserer Sonne, so summiert sich die störende Wirkung des fernen Sternes Jahrhunderte hindurch an. Hier folgt eine Übersicht über die Bahnelemente der genannten Kometen:

Komet	π	Ω	i	e	q	U
1807	271°	267°	63°	0.9955	0.646	1700 Jahre
1880 V	261	250	61	(?)	0.659	unbekannt
1881 III	265	271	63	0 9964	0.735	2954 Jahre
1888 I	245	245	42	0.9961	0.699	2300 „
1889 IV	273	286	66	0.9965	1.040	5130 „
1892 I	265	241	39	0.9986	1.023	20 200 „

Die grosse Umlaufszeit des letzten rührt vielleicht von den Saturnstörungen her, denen er vor einigen Jahren ausgesetzt war. Diese Gruppe zählt wohl noch manche andere Glieder unter den bereits bekannten Kometen (z. B. 1885 V, 1887 IV?), auch könnten die nächsten Jahre noch neue zugehörige bringen. Ein interessanter Komet von kurzer Periode verdient hier noch erwähnt zu werden, nämlich der VI von 1846 Die Umlaufszeit beträgt 13 bis 16 Jahre; im Aphel kommt er dem Saturn sehr nahe und hat wohl auch durch diesen Planeten seine enge Ellipse erhalten. Leider ist er aber seit 1846 nicht wiedergefunden, was wohl daran liegt, dass er für unsere nördlichen Gegenden bei seinem Helligkeitsmaximum zu tief steht. Würde durch seine Wiederauffindung seine Umlaufszeit genauer bekannt, so liesse sich auch berechnen, ob er wirklich ehemals in einer Bahn sich bewegt hat, die sich der Gruppe des grossen Kometen von 1807 anschliesst Gegenwärtig hat er folgende Bahnelemente:

$$\pi = 240^\circ,\quad \Omega = 260^\circ,\quad i = 31^\circ,\quad q = 1.53.$$

„Die physische Untersuchung der Kometen," schliesst Dr. Berberich, „erstrebt die Kenntnis der sie bildenden Stoffe und der physikalischen und chemischen Gesetze unter denen diese Stoffe stehen, ihr Endziel ist die Erforschung des Ursprunges der Kometen. Derselbe Zweck muss auch den Bahnberechnungen zu grunde liegen; man muss diese verwenden, um die gegenseitigen Beziehungen verschiedener Kometen zu ermitteln. Da



Die Ringgebirge Archimedes, Autolycus, Aristillus und deren Umgebung in 10,3 f. Lichtplatten-Vergrösserung.

Platte vom 11. Oktober 1891. $7^h\ 27^1/_2{}^m$.

wir wissen, dass die Bahnen vieler Kometen, namentlich der kurzperiodischen, sehr unstabil sind, so verdient die von Dr. Bredichin zuerst schärfer formulierte Hypothese, dass die Vielheit der Kometen auf den Teilungen einiger weniger beruhe, als ein Hauptgesichtspunkt in der Kometentheorie festgehalten zu werden. Von diesem Standpunkte aus ist es mit besonderer Freude zu begrüssen, dass sich durch die eifrigen Bemühungen zahlreicher Astronomen und Freunde dieser Wissenschaft die Zahl der Neuentdeckungen auf diesem Gebiete in unseren Tagen so stark gemehrt hat. Es wäre nur zu wünschen, dass auch auf der Südhalbkugel der Himmel nach Kometen regelmässig durchforscht würde, da dort gerade die Glieder der Gruppe 1807 bis 1892 I Swift im allgemeinen unter günstigeren Verhältnissen sichtbar sein müssen, darunter auch der erwähnte Komet 1846 VI."

Eine neue Hypothese zur Erklärung der Kometenschweife hat Dr. N. Herz aufgestellt[1]). Seit den theoretischen Untersuchungen Bessel's über den Halley'schen Kometen, welche ihre Vervollständigung in den umfassenden Arbeiten Bredichin's gefunden haben, ist die Schröter-Olbers'sche Hypothese der Polarkraft der Sonne, welche, von der Attraktion derselben verschieden, auf die von dem Kometen ausgehenden materiellen, den Schweif bildenden Teilchen einwirkt, als zweifellos angenommen. Nach Bredichin's Untersuchungen lassen sich nun die Kometenschweife in 3 Typen sondern, für welche $1 - \mu = 11.0$, 1.4 und 0.3 ist. Der Wert von $1 - \mu$ ergiebt sich aus der Schweifform selbst, und es ist nicht zu leugnen, dass die einzelnen Kometenschweife sich recht gut in diese Typen einreihen. Allein es scheint dennoch, dass sich mancherlei gewichtige Bedenken gegen diese Klassifikation erheben liessen, und die Hypothese einer nicht unbeträchtlichen Modifikation bedarf.

Es ist klar, dass die Repulsivkraft am grössten sein müsse bei den sonnennahen Kometen; allein von allen untersuchten Kometen sind nur zwei dem ersten Typus angehörige mit Periheldistanzen zwischen 0.1 und 0.2, nämlich die beiden Kometen von 1665 und 1769, ferner der Komet 1744 zwischen 0.2 und 0.3, und der Komet 1853 III, dessen Periheldistanz nahe gleich derjenigen der Merkurbahn ist. Für den Kometen 1843 I, dessen Periheldistanz nur 0.006 war, ist der erste Typus nur mit grosser Unsicherheit zu konstatieren; hingegen haben fünfzehn andere dem ersten Typus angehörige Kometen beträchtliche Periheldistanzen. Hierher gehören: der Halley'sche Komet, die grossen Kometen 1807 und 1811 I, der Komet 1825 IV, der sich durch seine vielen fächerförmig sich ausbreitenden Schweifäste auszeichnete, der Donati'sche Komet 1858 VI. Hingegen findet Bredichin für eine Reihe Kometen, deren Periheldistanzen weit unterhalb derjenigen des Merkurperihels sind, den Typus II, so für den Kometen 1577 (Periheldistanz 0.18), 1823 (Periheldistanz 0.23) und merkwürdigerweise für den mächtigen Kometen von 1680 (Periheldistanz 0.006), der 8 Tage nach seinem Periheldurchgange einen Schweif von 70° Länge hatte. Endlich

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3093.

ergab sich, dass der Komet 1853 IV (Periheldistanz 0.17) dem dritten Typus angehört.

Bredichin erklärt die Verschiedenheit der auftretenden Kräfte durch die Verschiedenheit der stoffbildenden Materie. Unter der Annahme, dass die Grösse der Abstossung von dem Molekulargewichte abhängt, so dass auf die leichtesten Moleküle die stärkste Abstossung ausgeübt wird, erhält er die folgende Skala, in welcher die auf Wasserstoff ausgeübte Repulsivkraft gleich 12 gesetzt ist:

H	12	Na, Mg	0.5	K, Ca	0.3
Li	1.7	P, S	0.4	Fe, Co, Ni, Cu	0.2
C	1.0	Cl	0.3		
N	0.9				
O	0.8				

Für alle Elemente, deren Atomgewichte zwischen 100 und 200 sind, 0.1.

Hiernach wäre die Erklärung der verschiedenen Typen nach den Bestandteilen der Kometenschweife völlig begründet, und es würde auch die Erscheinung erklärt sein, dass der Typus I sich ziemlich scharf von den beiden anderen Typen, welche ineinander übergehende Zahlen liefern, scheidet. Hängt aber die Repulsivkraft ausser von der Entfernung von der Sonne auch von der Schweifmaterie ab, so ist die von Bredichin in manchen Fällen konstatierte Abnahme der Repulsivkraft mit der Zeit unerklärlich; denn zur Schweifbildung müssten offenbar die leichter flüchtigen Teile, welche den stärkeren Repulsivkräften entsprechen, länger beitragen. Ich führe die folgenden beiden von Bredichin konstatierten Fälle an: Bei dem Halley'schen Kometen 1835 III fand er vor dem 19. Oktober $1 - \mu = 10.9$, nachher 0.15; für den Kometen von 1618 war zwischen dem 30. November und 14. Dezember $1 - \mu = 0.9$, zwischen dem 15. und 18. Dezember $1 - \mu = 0.5$ und zwischen dem 29. Dezember und 16. Januar $1 - \mu = 0.3$. Es wäre aber noch folgendes zu bemerken: Kräfte, welche mit der allgemeinen Gravitation vergleichbar sind, sind, wenigstens nach den bisherigen Erfahrungen, von der Masse unabhängig, da die der bewegten Masse proportionale Kraft eine der Masse umgekehrt proportionale Beschleunigung erteilt. Kräfte hingegen, welche nach Art der elektrischen Fernwirkungen auftreten, sind von der gravitierenden Masse unabhängig und richten sich nach der auftretenden elektrischen Masse. Letztere hängt, für den Fall, dass man es mit der Elektrizität selbst zu thun hat, von der Dielektrizitätskonstante ab, die nach unseren bisherigen Erfahrungen in keinem einfachen Konnexe mit den Molekulargewichten steht. Für diesen Fall wäre dann die obige Relationsskala nicht massgebend. Für alle Fälle aber würde es sich bei einer Verbindung der verschiedenen Schweiftypen mit den Schweifbestandteilen um eine spektralanalytische Untersuchung der der Rechnung zu unterwerfenden Kometen in bezug auf die chemische Konstitution handeln. Es scheint allerdings schon jetzt so viel sichergestellt zu sein, dass die meisten Kometen, ohne Rücksicht

auf den Typus, in welchen sich ihre Schweifform einreiht, nicht aus Wasserstoff, sondern aus Kohlenwasserstoffen bestehen, und andere Elemente nur ausnahmsweise auftreten.

Die Konstanz der Schweifform des Typus I gegenüber der Variabilität derjenigen der beiden anderen Typen ist aber wohl auch nur eine scheinbare. Betrachtet man ceteris paribus den für die Grösse der Repulsivkraft charakteristischen Wert von $1-\mu$ als Parameter eines Kurvensystems, so wird man sich unschwer überzeugen, dass die resultierenden Kurven um so rascher ihre Gestalt ändern, je kleiner $1-\mu$ ist. Durchläuft $1-\mu$ die Werte von 0 bis ∞, so wird die Schweifkurve sich ungefähr um 90° drehen. Der grösste Teil dieser Drehung (etwa $^4/_5$) entfällt auf die Werte 0 bis 2, zwischen 2 und 12 wird eine weitere Drehung um etwa 15° eintreten, und von 12 bis ∞ entfallen kaum mehr als 5°. Thatsächlich finden in der Berechnung der Schweife des ersten Typus Unsicherheiten statt, die denjenigen in der Berechnung der beiden anderen Typen kaum nachstehen und die Isoliertheit des Schweiftypus I illusorisch machen. Bredichin fand für die folgenden Kometen die beigesetzten Zahlen für $1-\mu$:

	1858 VI	6		1862 III	11
	1472	6.2		1665	12
	1807	9.3	Halley	1682	12
	1877 II	9.3		1744	12
	1811 I	10.4		1769	> 12
Halley	1835 III	10.9		1861 II	12.2

Die Unsicherheit erreicht jedoch wiederholt einen so hohen Grad, dass Bredichin nur einen angenommenen Wert von $1-\mu$ mit den Beobachtungen vergleicht; so für die Kometen: 1843 I, 1853 III, 1863 IV, 1881 II, 1881 III. Inwiefern hier wesentlich geänderte Werte von $1-\mu$ zulässig sind, könnte wohl nur die thatsächliche, neuerliche Durchführung der Rechnung zeigen; dass aber ziemlich starke Änderungen als zulässig angesehen werden müssen, ergiebt sich wohl aus dem früheren von selbst, ist aber aus einzelnen Rechnungen Bredichin's (über die Kometen 1769, 1811 I, 1850 VI) ersichtlich. Ob zwar in vielen Fällen, wie dies Bredichin annimmt, die Ungenauigkeit der Beobachtungen die Schuld an der Unsicherheit der Bestimmung tragen könnte, so dürfte wohl nicht zum geringsten Teile diese in der Natur der Sache selbst gelegen sein.

Es ist hier notwendig, auf eine wichtige Arbeit Zöllner's hinzuweisen, welche nicht nur die Möglichkeit, sondern sogar die Notwendigkeit materieller Kometenschweife zu erweisen scheint. Zöllner geht von dem Satze aus: „Es muss zwischen der Masse eines jeden im Weltraume sich selbst überlassenen Körpers und der Spannkraft seiner Dämpfe bei der herrschenden Temperatur eine quantitativ bestimmte Beziehung geben, welche notwendig stattfinden muss, wenn die Stabilität des Aggregatzustandes eines grösseren oder geringeren Teiles der Masse möglich sein soll.“ Durch Anwendung vollkommen einwurfsfreier Prinzipien gelangt er dazu, einen Grenz-

wert der Masse einer gegebenen Substanz anzugeben, für welchen die Attraktion der Masse auf die durch Verdunsten entstandene Hülle noch ausreicht, um eine Verflüchtigung in den Weltraum hintanzuhalten. Ist σ die Dichte (bezogen auf diejenige des Wassers als Einheit), p der einer gegebenen Temperatur zugehörige Dampfdruck (in Metern), so wird der Halbmesser der Kugel gegeben durch

$$r = 31147 \frac{\sqrt{p}}{\sigma}.$$

p ist eine der Erfahrung zu entnehmende Grösse; sie beträgt z. B. für Wasser von 32° C. 0.32 *mm*, für Quecksilber von 40° C. 0.077 *mm*; dem entsprechen dann die Werte r = 557 *m*, bezw. r = 20 *m*. Für eine flüssige Eisenkugel von 10 *mm* Halbmesser würde ein auf dieselbe wirkender Druck von 0.000000006 *mm* nötig sein, um die Stabilität ihres Zustandes zu sichern. Dasselbe gilt nun für jeden festen Körper. Unter der daraus folgenden, völlig berechtigten Annahme, dass selbst jeder feste Körper eines gewissen, durch die Attraktion desselben bewirkten Druckes bedarf, um seinen Übergang in den gasförmigen Zustand zu verhindern, ist der Schluss auf „die materielle Erfüllung des Weltraumes mit denjenigen Stoffen, aus welchen die in ihm befindlichen Körper bestehen“, unvermeidlich.

Bei einer gleichmässigen Dichtigkeit des den Weltraum erfüllenden Stoffes würde weiter die Stabilität der kosmischen Massen nur von der Temperatur abhängen, welcher sie eben ausgesetzt sind; denn da bei steigender Temperatur die Dampfspannung p wächst, so würde der Grenzwert, welchen man der Masse, bezw. dem Radius beilegen müsste, immer grösser angenommen werden müssen. Dann allerdings müssten Meteormassen, in die Attraktionssphäre der Sonne gelangt, in Dampfkugeln verwandelt werden, die eventuell Dampfmassen an den Weltraum abgeben.

Es besteht nun kein Zweifel, dass der Weltraum, soweit er unserer Erfahrung zugänglich ist, mit einem äusserst dünnen Stoffe erfüllt ist, welcher sich in der Nähe der Sonne als Widerstand leistendes Medium offenbart. Ohne auf die Konstitution dieses hypothetischen Mediums weiter einzugehen, kann jedoch als empirisch erwiesen angesehen werden, dass dasselbe durch die Attraktion der Massen selbst in deren Nähe eine grössere Dichte erreicht. Dadurch werden aber die Bedingungen für die Stabilität von selbständigen Massen im Weltraume von selbst teilweise erfüllt, und es bleibt daher möglich, dass in derjenigen geringsten Entfernung von der Sonne, bis zu welcher die Kometen gelangen, die Dichte des Mediums noch hingereicht hat, um wenigstens die schwer schmelzbaren Substanzen an der völligen Verdampfung zu verhindern. Dass dieses aber nicht nur möglich, sondern sogar wahrscheinlich ist, ist aus dem Umstande zu entnehmen, dass die Körper nach dem Durchgange durch das Perihel noch bestanden haben und nicht völlig in Dampf

aufgelöst worden sind. Indem uns ein Massstab fehlt, um die in solchen Entfernungen von der Sonne bei diesen Körpern auftretenden Temperaturen abzuschätzen, und andererseits die Kenntnisse von den Bewegungen der Himmelskörper noch nicht so weit vorgeschritten sind, um über die Dichte des in der Umgebung der Sonne befindlichen Mediums unzweideutige Aufschlüsse zu geben (indem es bisher den Anschein hat, als ob alle möglichen Widerstandsgesetze zur Erklärung der betreffenden anomalen Bewegungserscheinungen, soweit sie sich uns bisher offenbarten, ausreichen würden), können weitere Folgerungen nicht gezogen werden. Unsere Kenntnisse scheinen jedoch vorerst hinzureichen, um zu konstatieren, dass ein Sieden der Kometenmassen und ein Auflösen oder Zerstäuben derselben in Dampf selbst in den grössten beobachteten Sonnennähen nicht gerade unbedingt auftreten muss.

Allein es könnten immerhin Verdampfungen eintreten, in deren Gefolge eine Elektrizitätserregung auftreten müsste; die ungeheuere Geschwindigkeit, welche die Partikelchen infolge der elektrischen Abstossung der Sonne erhalten würden, und welche völlig ausreichen würde, um selbst die Entwickelung eines Schweifes von 60 Millionen Meilen innerhalb zweier Tage zu erklären, wäre auf Grund der diesbezüglichen Rechnungen Zöllners auch unanfechtbar, wenn ein widerstehendes Mittel nicht vorhanden wäre. Es ist jedoch kaum zulässig, ein solches Medium als notwendige Folge der materiellen Erfüllung des Weltraumes anzunehmen, und bei einer Gelegenheit, wo die Wirkung desselben am auffälligsten hervortreten muss, zu ignorieren. Gerade für die Berechnung der Geschwindigkeiten, welche die Teilchen der Kometenschweife unter der Einwirkung einer elektrischen Repulsion durch die Sonne annehmen sollten, wäre es unbedingt notwendig, auf den Widerstand des Mediums Rücksicht zu nehmen, und es ist sehr leicht einzusehen, dass die enormen Anfangsgeschwindigkeiten sehr bald in sehr mässige umgewandelt werden würden[1]).

Doch hält Zöllner die Möglichkeit blitzartiger Entladungen innerhalb der Dampfhülle und der Schweife nicht für ausgeschlossen; „es wird dieselbe bei der vorausgesetzten permanenten elektrischen Erregung sogar wahrscheinlich, und einzelne an einigen Kometen gemachte Beobachtungen, die sich leicht hierdurch erklären liessen, scheinen direkt auf das vereinzelte Vorkommen derartiger Prozesse hinzudeuten."

Demgegenüber glaubt Dr. Herz, dass die folgende Annahme nicht unberechtigt ist, welche sich wesentlich auf die Annahme stützt, dass die Sonne als eine Elektrizitätsquelle zu betrachten ist, welche in den ihr gegenüberstehenden Körpern durch Influenz Elektrizität

---

[1]) In seinen „Untersuchungen über den Donati'schen Kometen" macht Pape wohl auf den Widerstand des Mediums aufmerksam, hält denselben jedoch für so gering, dass er die ohne Berücksichtigung desselben erhaltenen Resultate nicht wesentlich modifizieren könne.

erregt. Durch den Eintritt eines fremden oder wenigstens nicht beständig in derselben Entfernung von der Sonne weilenden Körpers in die zur nächsten Umgebung der Sonne gehörigen Regionen tritt eine Störung des durch die allseitige elektrostatische Induktion der Sonne hervorgerufenen elektrischen Feldes ein.“ Behält man die Annahme bei, dass der ganze Weltraum von einem äusserst dünnen dielektrischen Medium erfüllt ist, welches sich in der Nähe der grösseren Himmelskörper immer mehr verdichtet und um dieselben atmosphärische Hüllen bildet, wobei es gleichgiltig ist, welche chemische Konstitution für dasselbe angenommen wird, so wird man dasselbe als allerdings mit wachsender Entfernung von der Sonne immer schwächer polarisiert ansehen können. Die gleichmässige Polarisation wird nur unterbrochen in der Nähe der die Sonne umkreisenden Himmelskörper und giebt Anlass zu Niveaustörungen der Atmosphären, welche bei einem nicht rotierenden Himmelskörper symmetrisch gegen den Radiusvektor desselben auftreten und bei einem rotierenden Himmelskörper sich über die durch die Rotation entstandene Figur der Atmosphäre in theoretisch bestimmbarer Weise superponieren. Nachdem die elektrische Verteilung wesentlich abhängig ist von der Entfernung der Himmelskörper von der Sonne, so wird speziell bei den Kometen die elektrische Verteilung und mit ihr die Figur des Kometen mit der veränderlichen Distanz von der Sonne ebenfalls Veränderungen unterliegen; bei der fortgesetzten Annäherung an die Sonne muss sich eine immer wachsende Flutwelle in der Richtung des Radiusvektors erzeugen. Die Dichte der Elektrizität hängt überall von der Dielektrizitätskonstante des Mediums und von der Krümmung der Niveauflächen desselben ab, und sie kann sich bei der wachsenden Annäherung an die Sonne so weit steigern, dass Ausgleichungen der Elektrizität zwischen den polarisierten Teilchen der Kometenhülle und des sie umgebenden, dem Weltraume angehörigen Mediums stattfinden. Derartige Ausgleichungen müssen aber weitere Ausgleichungen zwischen den einzelnen Partikelchen des letzteren, und zwar vorwiegend in der Richtung des Radiusvektors des Kometen zur Folge haben, und würden Lichterscheinungen erzeugen, welche nicht unähnlich denjenigen sind, die in mit stark verdünnten Gasen gefüllten Geissler'schen Röhren auftreten[1]).

Hiernach wären also die Kometenschweife nur optische Begleiterscheinungen stark polarisierter Kometen. Die Ausdehnung und Intensität der Schweife würde von der Dielektrizitätskonstante der den Kometen bildenden Substanz, von der Dichte des den Kometen umgebenden polarisierten Mediums und von der Entfernung von der

[1]) Eigentliche Glimmlichterscheinungen können es nach den Versuchen Hasselberg's nicht sein. Scheiner (die Spektralanalyse der Gestirne) äussert eine der obigen ähnliche Ansicht, doch findet nach ihm die Ausgleichung zwischen den Teilchen des Kometenschweifes, der substantiell mit dem Kometen verbunden ist, statt.

Sonne abhängen. Hiermit lassen sich auch die Unregelmässigkeiten in der Schweifentwickelung: doppelte Schweife, Nebenschweife, unregelmässige Länge der Schweife, sowie das plötzliche Verlängern oder Verkürzen einzelner Schweifteile und die oft beobachteten unausgesetzten Intensitäts- und Formänderungen derselben, das sogenannte „Schiessen“, „Spielen“ und „Fluktuieren“ der Schweife, leicht und ungezwungen durch Unregelmässigkeiten im elektrischen Felde erlären, welche dadurch entstehen können, dass der Komet Gegenden durchwandert, in welchen sich andere polarisierte, aber dunkle oder nur wenig leuchtende und daher nicht gut sichtbare Körper (kleine Planeten, Sternschnuppen) befinden. Es mag noch erwähnt werden, dass die spektralanalytische Untersuchung der Kometen die Thatsache unzweifelhaft feststellte, dass das Leuchten der Kometen elektrischen Entladungen zu verdanken ist, indem nämlich in jenen Fällen, wo in dem Spektrum der Kometen Metalllinien konstatiert wurden, das stets vorhandene Kohlenwasserstoffspektrum bedeutend zurücktrat.

Für die merkwürdige, bei dem Kometen 1811 I wahrgenommene Erscheinung des dunklen Zwischenraumes • zwischen dem Kometenkopfe und der parabolisch gekrümmten, die beiden Schweifäste miteinander verbindenden Lichthülle liesse sich hiernach ebenfalls leicht eine Erklärung geben, welche in einer eigentümlichen Beobachtung Herschel's eine wesentliche Stütze finden würde. Dieser fand nämlich, dass die Farbe des Kometen selbst in allen Teleskopen grünlich oder bläulichgrün war, während die Farbe der Lichthülle eine sehr bestimmt gelbliche, im auffallenden Kontraste mit der grünlichen Farbe des Kopfes stehende war. Es würde dies darauf hindeuten, dass man es mit einer disruptiven Entladung an einer negativen Elektrode bei hochgradiger Verdünnung des die Entladung vermittelnden Gases zu thun hat. In diesem Falle wäre auch die bei dem Donati'schen Kometen 1858 VI von Winnecke beobachtete schichtenförmige Lagerung von Lichtausströmungen nur eine von der obigen quantitativ, nicht aber qualitativ verschiedene Erscheinung.

Der Umstand aber, dass die mächtigen Kometenschweife nicht die starke Krümmung zeigen, welche sie bei den in den kleinen Periheldistanzen stattfindenden ausserordentlichen Geschwindigkeiten der Kometen in ihren Bahnen annehmen müssten, wenn sie thatsächliche Ausströmungen wären; dass weiter die Kometen nicht jene Massenverluste zeigen, welche sie notwendig erleiden müssten, wenn von ihnen beständig die ganz ausserordentlichen Quantitäten von wenn auch noch so verdünnten Massen ausströmen würden, deutet darauf hin, dass die Kometenschweife nicht substantiell den Kometen eigentümlich sind. Ausströmungen können und werden wohl stattfinden, sie werden aber kaum mit merklichen Massenverlusten verbunden sein und dürften in vielen Fällen bei einer grösseren Entfernung von der Sonne mit Kondensationen und Kontraktionen endigen, wie solche von Herschel und Schröter bei dem

Kometen 1811 I konstatiert wurden[1]). Endlich ist wohl auch der elektrische Ausgleich an Massen gebunden; allein hier kann die Massenüberführung wohl als Massenaustausch ohne nennenswerte Massenverluste angesehen werden.

Schliesslich muss noch des Einflusses gedacht werden, welchen Massenausströmungen einerseits und die elektrische Erregung, andererseits auf die Bewegung der Kometen äussern. Massenausströmungen müssen die letztere in zweierlei Weise affizieren: durch Schwerpunktverschiebungen und durch eine Art von Reaktionserscheinungen. Die erstere fällt weniger ins Gewicht; nimmt man an, dass der Komet in einem Tage 0.0001 seiner Masse ausstrahlt, und der Schweif beständig aus einer ungefähr dieser gleichen Masse besteht, so würde die Verschiebung des Schwerpunktes 0.000 05 Schweiflängen betragen, also für einen Schweif von etwa 10° Länge ungefähr 1″. Bezüglich des zweiten Punktes findet Bessel, dass für den Halley'schen Kometen eine tägliche Ausströmung von 0.001 seiner Masse die Umlaufszeit um 1107 Tage verkürzen würde. Ist jedoch der Schweif nur eine optische Begleiterscheinung, wie ich dies anzunehmen geneigt bin, so wird die Bewegung der Kometen und der auf seine nächste Umgebung beschränkten Ausströmung (der Nebelhülle) als von störenden Einflüssen dieser Art frei anzusehen sein. Hingegen können Störungen durch elektrische Kräfte auftreten, da der elektrische Zustand (die elektrische Masse) nach stattgefundener partieller Entladung wohl anders sein kann als vor dem Beginne derselben."

Sternschnuppen und Meteore.

Die Bahn des Meteors vom 7. Juli 1892 ist durch Prof. v. Niessl berechnet worden[2]). Das Meteor zeichnete sich durch eine ungewöhnlich lange Bahn in den obersten Regionen der Atmosphäre aus und dadurch, dass eine aufsteigende Bahn sich aus den Beobachtungen als wahrscheinlich ergiebt. Als Lage des Endpunktes findet Prof. v. Niessl einen Ort in 29° 12.6′ östl. L. von Ferro und 41° 26.3′ nördl. Br. und die Höhe des Meteors in diesem Punkte zu 158 *km*. Für den scheinbaren Radianten folgt: Rektasz. 349°, Dekl. + 8°. Hieraus ergiebt sich, dass in bezug auf den Horizont des Endpunktes die gesehene Bahn aus 250.2° Azimut und 99.5° Zenithdistanz gerichtet, d. h. also 9.5° gegen den Horizont des Endpunktes aufsteigend war.

---

[1]) Bei dem Lichtausbruche des Kometen 1884 I fand eine wesentliche Helligkeitszunahme des kontinuierlichen Spektrums statt, und es kann daher wohl schwerlich an eine erhöhte Gasausströmung gedacht werden. Bei dem Donati'schen Kometen 1887 VI beobachtete Winnecke eine Verkleinerung des Kernes gegen das Perihel zu und nachher eine schwache Vergrösserung desselben.

[2]) Sitzungsber. d. k. Akad. in Wien. Mathem.-naturw. Klasse **102.** Abt. II. April 1893.

„Ferner ergiebt sich hieraus, dass das Perigeum oder jener Punkt der Bahn, welcher der Erde am nächsten lag, sich in 41° 40.5′ östl. L. und 44° nördl. Br., das ist WSW von Karakal in Rumänien und 68 *km* (9.2 geogr. Meilen) über der Erdoberfläche befand. In bezug auf den Horizont dieses Punktes war die Bahn horizontal, allein mit Rücksicht auf die Krümmung der Erdoberfläche erhob sie sich sowohl gegen W als gegen O hin immer mehr und mehr über die letztere. Indem das Meteor von der Ostseite herkam, verfolgte es also bis zu dem hier erwähnten Punkte der grössten Erdnähe eine absteigende Bahn. Von hier aus bewegte es sich, indem es sich beständig von der Erdoberfläche wieder mehr und mehr entfernte, über die Donau an der Lom-Mündung, nur wenige Kilometer nördlich von Alexinac und fast über Krusevač in Serbien, nördlich von Sienica im Gebiete von Novibazar, nur wenig südlich von Stolac in der Herzegowina, über die Westspitze der dalmatinischen Insel Meleda, südlich von Lagosta, nördlich von Vasto in Italien, über die Abruzzen bei Solmona, über Albano bei Velletri, südlich von Ostia zu dem vorhin bezeichneten Endpunkte. Es ist beizufügen, dass die geozentrische Bahn, soweit sie hier beschrieben ist, als gerade betrachtet und berechnet wurde. In Wirklichkeit war sie zwar ein hyperbolischer Bogen, aber wegen der grossen Geschwindigkeit so wenig von der geraden abweichend, dass die vorhandene Krümmung auch durch die genauesten Beobachtungen nicht nachweisbar sein konnte."

Die geozentrische Geschwindigkeit findet Verf. zu 87.0 *km* oder, von der Erdstörung befreit, zu 86.3 *km* und den Radianten in 349.2° Rektasz. und 7.8° nördl. Dekl. oder 353.2° Länge und 11.4° nördl. Breite. Die Länge des aufsteigenden Knotens war 106°, und hieraus ergiebt sich die heliozentrische Geschwindigkeit zu 66.5 *km*. Endlich folgt hieraus, dass dieses Meteor aus dem Weltraume in der heliozentrischen Richtung, welche durch den Ausgangspunkt: 351.3° Länge und 17.6° nördl. Breite bestimmt ist, in das Sonnensystem eingetreten ist und in demselben eine Hyperbel, deren Axe ungefähr 0.4° betrug, beschrieben hat. In dieser Bahn ist es der Erde in ihrem Laufe um die Sonne fast entgegengekommen, denn die Elongation des scheinbaren Radianten vom Apex der Erdbewegung betrug nur 27.5°, und auch die wahre Elongation ergiebt sich nicht grösser als 40°, entsprechend einer entschieden rückläufigen Bahn.

Hieraus erklärt es sich, dass die relative Geschwindigkeit eine sehr grosse gewesen sein muss, wie dies auch aus der Analyse der Beobachtungen hervorgeht.

„In solcher Lage des Radianten," fährt Prof. v. Niessl fort, „werden grosse Feuerkugeln nicht sehr häufig beobachtet, und auch entsprechende Meteoritenfälle kommen ziemlich selten vor, sehr wahrscheinlich deshalb, weil die bedeutende Geschwindigkeit, mit welcher die Massen alsdann durch die Atmosphäre der Erde ziehen, ihre

vollständige Auflösung schon in den höheren Regionen beschleunigt, so dass nur grössere Körper dieser Art, welche gewiss viel seltener vorkommen als die kleinen, in tiefe atmosphärische Schichten gelangen.

Es kann angenommen werden, dass die in Rede stehende Erscheinung begünstigt wurde durch die grosse Höhe der Bahn in sehr dünnen atmosphärischen Schichten und vielleicht auch durch den Umstand, dass bei der horizontalen Lage derselben der Übergang in dichtere Schichten nicht so rasch erfolgte als bei Bahnen von grosser Neigung. Trotzdem zeigte die Erscheinung noch immer ganz deutlich die Merkmale allmählicher Auflösung, und man wird annehmen müssen, dass die Massen beim Eintritte in die Atmosphäre nicht unbeträchtlich waren.

In dem mir bekannten Materiale befindet sich keine Feuerkugel aus dieser Epoche, deren Radiationspunkt dem der gegenwärtigen nahe liegen würde, dagegen finden sich mehrere solche Fälle in den Monaten September bis Januar, für welche der scheinbare Radiationspunkt zwar an eine ganz andere Stelle des Himmels fällt, während der kosmische Ausgangspunkt, also die Richtung, in welcher diese Massen in das Sonnensystem getreten sind, innerhalb der gewöhnlichen Fehlergrenzen gut genug mit dem gegenwärtigen Falle übereinstimmt. Diese Epoche umfasst zum grössten Teile jene Lagen, wo die relative Geschwindigkeit solcher Meteoriten, welche, aus dem bezeichneten Ausgangspunkte kommend, mit der Erde zusammentreffen, eine viel geringere ist und insbesondere im Dezember und Januar auf den dritten Teil derjenigen herabsinkt, welche beim Zusammenstosse im Juli entsteht."

Die Biela-Sternschnuppen des 23. November 1892. In jenem Jahre sind die Biela-Meteore in Europa kaum wahrgenommen worden, woran zum Teile die ungünstige Witterung Schuld trug, dann auch der Umstand, dass man diese Meteore um den 27. November erwartete (wie 1872 und 1885), an welchem Tage sie nicht auftraten, sondern vielmehr an den Abenden des 23. und 24. November. An diesen Abenden zeigte sich die Erscheinung sehr grossartig in Nordamerika. Ein Beobachter an Bord eines Dampfers südlich von der Insel Hayti zählte in der Zeit von 7^h abends bis 1^h früh pro Minute 100 Meteore, „in allen Richtungen schien der Himmel lebendig zu sein". Der Radiationspunkt stand hoch am Himmel, aber selbst gegen 4^h früh, als er bereits tief stand, erschienen noch immer zahlreiche Meteore. In Kalifornien ist der Schwarm am Abende des 23. November ebenfalls gesehen worden, am folgenden Abende war dagegen nichts mehr davon wahrzunehmen. Dr. A. Berberich bemerkt über diese Meteore folgendes[1]: Im Jahre 1892 war der Schwarm gewiss ebenso reich, wenn nicht noch reicher. Die Erscheinung 1885 muss sowohl diese als die vor-

[1]) Naturwissensch Rundsch. 1893. Nr. 14. p. 70.

jährige an Pracht übertroffen haben. Die Intensität hängt ausser von der Dichte des Schwarmes auch von dem Umstande ab, ob ihn die Erde mehr oder weniger zentral durchläuft. Es scheint, dass in beiden Beziehungen wesentliche Unterschiede in den drei Erscheinungen nicht bestehen, doch lassen sich geringe Differenzen zunächst nicht verfolgen. Eine allmähliche Auflösung des Schwarmes würde sich in der Verlängerung der Thätigkeitsdauer auf mehrere Tage aussprechen. Die Dauer des Schwarmes beschränkte sich auf den 23. November, und das Maximum traf die Erde in 62.4° Länge (Äq. 1892.0), 1885 fand es statt, als die Erde von der Sonne gesehen in 65.8° Länge war; die Verschiebung des Bahndurchschnittes mit der Erdbahn beträgt also 3.4°, die Verfrühung der Erscheinung 3.4 Tage. Mehrere von den künftigen Erscheinungen, zunächst die von 1899, werden wieder auf den 23., resp. 24. November fallen

Über die Bildung der Meteoriten äussert sich Daubrée im Anschlusse an die Untersuchungen des Meteoriten von Cañon Diablo [1]). Er weist zunächst darauf hin, dass der Meteorit von Cañon Diablo ganz besonders durch die Ungleichmässigkeit seiner Struktur, selbst an sehr benachbarten Partien, auffällt, obwohl er seinem Aussehen nach eine Schmelzung durchgemacht zu haben scheint. Dann hebt Daubrée hervor, dass er bei seinen älteren Versuchen zur künstlichen Nachahmung der gewöhnlichen Steinmeteoriten unter Anwendung hoher Temperaturen die Silikate, Peridot und Enstatit stets in deutlichen, voluminösen Krystallen erhalten, während diese Silikate in den Meteoriten regelmässig in sehr kleinen und verschwommenen Krystallen vorkommen. Daubrée hatte schon damals die Krystalle, die er beim Schmelzen der Steinmeteoriten erhalten, mit den langen Eisnadeln verglichen, welche sich beim Frieren des flüssigen Wassers bilden, während die feinkörnige Struktur der natürlichen Meteoriten mehr dem Reife und Schnee ähnlich sei, welche bekanntlich beim Übergange des Wasserdampfes in den festen Zustand entstehen. Auch die zahllosen Eisenkörnchen, die diese Meteoriten durchsetzen, weisen darauf hin, dass sie sich nicht durch eine Schmelzung dort isoliert haben. Die damals ausgesprochene Vorstellung ist später durch Versuche von Meunier bestätigt worden, welcher die verschiedenen Meteoritenmineralien nachgeahmt hat mittels Gasreaktionen, d. h. durch die gegenseitige Zersetzung von Dämpfen. Die Beobachtung und das Experiment führen somit übereinstimmend zu der Annahme, „dass in den Himmelskörpern, von denen sie herkommen, die Meteoriten nicht durch eine einfache Schmelzung sich gebildet haben, sondern viel wahrscheinlicher durch einen Niederschlag von Dämpfen, welche plötzlich aus dem gasförmigen Zustande in die feste Form übergeführt worden sind. Wenn diese Dämpfe verschiedener Natur waren, so begreift man die heterogene Beschaffenheit der festen Produkte, welche sie gebildet haben."

---

1) Compt. rend. 1893. **116.** p. 345.

Fixsterne.

Fixsternparallaxen durch photographische Aufnahmen bestimmt. Prof. Pritchard hat auf der Sternwarte zu Oxford mit Hilfe eines 13-zölligen Reflektors von 10′ Brennweite photographische Aufnahmen von Fixsternen gemacht, zu dem Zwecke, deren Parallaxen auf diesem Wege zu bestimmen [1]). Es wurden dabei Trockenplatten benutzt und in jeder Nacht vier getrennte Aufnahmen gemacht. Als Ergebnis wurden die Parallaxen von nicht weniger als 29 Sternen mitgeteilt. Dieselben sind in der nachstehenden Tabelle enthalten:

Stern	α, 1800	δ, 1880	Parallaxe	Zeit der Beobachtung
α Andromedae	0h 2m	28° 26′	+.058″	Jan. 1889 bis Juni 1890
β Cassiopeiae.	0 3	58 29	+.157	Okt. 1887 „ Nov. 1888
α „ .	0 34	55 53	+.036	Dez. 1887 „ Dez. 1888
γ „ .	0 50	60 4	+.018	Aug. 1887 „ Aug. 1888
μ „ .	1 0	54 20	+.038	Okt. 1886 „ Okt. 1887
β Andromedae	1 3	34 59	+.074	Juni 1889 „ Sept. 1890
α Urs. Min. .	: 15	88 40	+.078	Febr. 1887 „ Juli 1888
α Arietis . .	2 0	22 54	+.083	Jan. 1888 „ Jan. 1890
β Persei . .	3 0	40 30	+.060	Aug. 1890 „ Aug. 1891
α „ . .	3 16	49 26	+.087	Aug. 1888 „ Aug. 1889
β Tauri. . .	5 19	28 30	+.063	März 1890 „ Sept. 1891
β Aurigae . .	5 51	44 56	+.062	März 1889 „ Sept. 1890
γ Geminor. .	6 31	16 30	—.023	März 1889 „ Sept. 1890
β Urs. Maj. .	10 55	57 1	+.088	Mai 1889 „ Mai 1890
α „ .	10 56	62 24	+.046	Dez. 1888 „ Dez. 1889
β Leonis . .	11 43	15 15	+.029	Dez. 1888 „ Juni 1890
γ Urs. Maj. .	11 48	54 22	+.095	Mai 1889 „ Mai 1890
ε „ .	12 49	56 37	+.081	Okt. 1888 „ Nov. 1889
η „ .	13 43	49 55	—.046	Juli 1888 „ Aug. 1889
β Urs. Min. .	14 51	74 39	+.029	Jan. 1889 „ Febr. 1890
α Coronae . .	15 30	27 7	—.037	Juli 1888 „ Juli 1889
γ Draconis .	17 54	51 30	+.050	Jan. 1891 „ März 1892
γ Cygni . .	20 18	39 52	+.104	Mai 1888 „ Mai 1889
ε „ . . .	20 41	33 31	+.129	Mai 1888 „ Mai 1889
61_1 „ . . .	21 2	38 10	+.433	Mai 1886 „ Mai 1887
61_2 „ . . .			+.435	
α Cephei . .	21 16	62 5	+.058	Nov. 1887 „ Nov. 1888
ε Pegasi . .	21 38	9 20	+.083	Mai 1889 „ Nov. 1890
α „ . . .	22 59	14 34	+.081	März 1889 „ März 1890

Die Messungen selbst sind sicherlich so genau, als solche auf irgend einem anderen Wege zur Zeit nur ausgeführt werden können, allein sie sind doch nicht frei von sytematischen Fehlern. Lässt man nämlich den Stern 61 Cygni, zur Seite, so zeigen die anderen Sterne eine Parallaxe, deren Grösse sich mit der Rektaszension der Sterne ändert, was selbstredend in der Natur nicht begründet sein kann, sondern auf eine Fehlerquelle in der Aufnahme deutet.

[1]) Observations made at the Oxford University Observatory 3. 4. 5. Oxford 1889 u 1892.

Die Parallaxe von μ und ϑ in der Cassiopeja. Harold Jacoby hat[1]) aus Rutherfurd's photographischen Messungen an 28 Negativen, die zwischen Juli 1870 und Dezember 1893 aufgenommen wurden, die Parallaxen obiger Sterne abgeleitet. Als Endresultat findet sich:

Parallaxe von μ Cassiopejae = 0.275″ ± 0.024
" " ϑ " = 0.232 ± 0.067

Doch macht Jacoby darauf aufmerksam, dass die vorstehend angegebenen wahrscheinlichen Fehler keineswegs den Grad der Unsicherheit des Resultates bezeichnen, da auch bei photographischen Bestimmungen die Möglichkeit systematischer Fehler zugegeben werden muss.

Die Eigenbewegung der Sonne abgeleitet aus spektrographisch ermittelten Eigenbewegungen der Fixsterne. Nachdem auf dem astrophyskalischen Observatorium zu Potsdam sehr genaue Resultate für die Eigenbewegung einer Anzahl von Fixsternen erhalten wurden, konnte man daran denken, das Problem ernstlich anzufassen. Indessen ist in diesem Falle die Anzahl der Sterne auch nur sehr gering, da überhaupt bloss 51 Sterne gemessen worden sind. Prof. Vogel hielt es daher bei Publikation der Resultate nicht für angebracht, eine neue Berechnung der Bewegung der Sonne durch den Weltraum darauf zu begründen. Indessen hat er doch neuerdings Dr. Kempf veranlasst, eine derartige Untersuchung auszuführen, und dieser teilt[2]) die Ergebnisse dieser Arbeit mit folgenden Worten mit:

„Eine erste Ausgleichung der Beobachtungen fand unter der Annahme statt, dass sich der Einfluss der Eigenbewegungen der Sterne im Mittel herausheben werde, und dass dieselben bei allen Sternen als unabhängig von einander und so aufzufassen seien, dass sie wie zufällige Fehler wirkten. Unter dieser Voraussetzung ergaben sich für die Koordinaten des Apex, sowie für die Geschwindigkeit der Sonnenbewegung die Werte:

AR = 206.1° ± 12.0°
Dekl. = + 45.9° ± 9.2°
Geschw. = 2.50 ± 0.40 geogr. Meilen.

Der Wert für AR liegt ganz ausserhalb der Grenzen bisheriger Bestimmungen (252° bis 290°), der für die Dekl. nahe der oberen Grenze (frühere Bestimmungen + 14° bis + 51°), und einigen Anspruch auf Vertrauen verdient nur der für die Geschwindigkeit der Sonne gefundene Betrag. In der obigen Ableitung sind nicht die von mir in dem Verzeichnisse der Eigenbewegungen gegebenen Gewichte von 1 bis 10 angenommen worden, da dann fast ausschliesslich die wenigen Sterne mit hohem Gewichte den Ausschlag gegeben haben würden, sondern es sind die Gewichte $^1/_2$, 1 und 2

[1]) Annals of the New-York Academy of Sciences. 8.
[2]) Astron. Nachr. Nr. 3150.

eingeführt worden, welche den Gewichtszahlen (1) bis 2, 3 bis 6, 7 bis 10 meiner Gewichtsskala entsprechen.

Eine Änderung in dieser Beziehung, z. B. die Einführung gleicher Gewichte für alle Beobachtungen, hat keine wesentlich anderen Resultate ergeben. Dagegen schien es von Interesse, die nahe gleichen Bewegungen benachbarter Sterne in einen Wert zusammenzuziehen, da sonst diesen Sterngruppen zu hohes Gewicht beigelegt wird. Es wurden demnach im Mittelwerte mit dem für alle Sterne angenommenen Gewichte 1 folgende Gruppen zusammengezogen: $\beta, \gamma, \delta, \varepsilon, \zeta$ Orionis; $\beta, \gamma, \varepsilon, \zeta, \eta$ Ursae majoris; α, β, δ Leonis. Hiermit ergab sich folgendes Resultat:

AR	$= 159.7^0 \pm 20.2^0$
Dekl.	$= + 50.0^0 \pm 14.3^0$
Geschw.	$= 1.75 \pm 0.44$ geogr. Meilen.

Der Wert für AR. weicht noch mehr von früheren Bestimmungen ab als der vorher gefundene; überhaupt fällt die ganze Bestimmung unsicherer aus.“

Als letzten Versuch hat Dr. Kempf für AR. und Dekl. Mittelwerte aus früheren Bestimmungen angenommen und die Geschwindigkeit allein als Unbekannte eingeführt. Mit den Werten AR $= 266.7^0$, Dekl. $= + 31^0$ [1]) erhielt er die Geschwindigkeit $= 1.66 + 0.40$ geogr. Meilen.

Die Versuche bestätigen zunächst die von vornherein gehegte Vermutung, dass das Material viel zu gering ist, um daraus mit einiger Sicherheit die Koordinaten des Sonnenapex abzuleiten; in bezug auf die Geschwindigkeit der Sonnenbewegung führen sie zu dem Ergebnisse, dass dieselbe selbst aus den wenigen Sternen sicherer bestimmt wird, als dies bei allen früheren Untersuchungen, die auf die scheinbare Eigenbewegung der Sterne basiert waren, und bei denen die Unsicherheit der Sternentfernungen eingeht, der Fall ist.

Der veränderliche Y im Schwane ist vom Prof. Dunér untersucht worden [2]). Der Stern gehört zu den Veränderlichen vom Algoltypus und ist 1886 von Chandler als veränderlich erkannt worden. Die Periode seines Lichtwechsels zeigte Unregelmässigkeiten, die schwer verständlich waren, bis Dunér dieselben in der bezeichneten Weise durch die Zugehörigkeit des Sterns zum Algoltypus erklärte [3]). Zahlreiche in der neuesten Zeit ausgeführte Helligkeitsmessungen haben diese Auffassung als sicher erwiesen, und Prof. Dunér giebt nun eine eingehendere Untersuchung dieses Sternes, welche zu sehr überraschenden Ergebnissen führt.

---

[1]) L. Struve, Bestimmung der Konstanten der Präzession u. s. w, Mém. de l'Acad. de St. Pétersbourg [7] 35.

[2]) Öfversigt af kongl. Vetenskaps-Akademiens Förhandlingar 1892. Nr. 7. Stockholm. p. 325 u. ff.

[3]) Astron. Nachr. Nr. 309.

Er geht von dem Minimum 1886 + 343.468^d + 1 . 498124^d aus und vergleicht damit die beobachteten und berechneten Zeiten der Minima innerhalb eines Intervalls von 1333 Lichtwechseln. Dabei fand sich eine merkliche Differenz zwischen den mit geraden und ungeraden Zahlen bezeichneten Minima. Für die Ermittelung der wahren Natur des Lichtwechsels ist das Resultat von Wichtigkeit, dass das Intervall von einem geraden bis zum nächsten ungeraden Minimum im Jahre 1886 1^d 10^h 11^m 10^s betrug, während das Intervall von einem ungeraden Minimum bis zum geraden 1^d 13^h 43^m 43^s betragen hat. Dieser beträchtliche Unterschied führte Prof. Dunér zur Ermittelung der Ursache des Lichtwechsels dieses Sternes.

„Schon lange,“ sagt er, „haben die Eigentümlichkeiten des Lichtwechsels von Algol, des typischen Sternes dieser Klasse, die Idee angeregt, dass er durch eine Art von Verfinsterung entsteht, veranlasst durch einen dunklen oder wenig leuchtenden Körper, der um Algol sich bewegt. Die einzige und grosse Schwierigkeit schien in der ungemein kurzen Umlaufszeit zu liegen, welche dieser Körper um den Hauptstern haben musste, die nicht 3 Tage erreicht, während selbst der Umlauf von Merkur um die Sonne 80 Tage dauert. Aber alle Zweifel mussten weichen vor der wichtigen Entdeckung, die H. C. Vogel, Direktor des Observatoriums zu Potsdam, gemacht, dass in den Minima und in der Mitte zwischen zwei sich folgenden Minima die Spektrallinien von Algol zusammenfallen mit den entsprechenden Linien einer Geissler'schen Röhre, welche verdünnten Wasserstoff enthält, während sie im einen Quadranten nach dem roten Ende, im anderen nach dem violetten verschoben sind. Hierdurch ist die Existenz eines Körpers, der sich in einer Bahn um Algol bewegt, und dessen Umlaufszeit dieselbe ist wie die Periode des Lichtwechsels, erwiesen. Infolge dessen hatte man allen Grund zu glauben, dass die Änderungen der anderen zum Algoltypus gehörenden Sterne in derselben Weise vor sich gehen, jedoch unter der Bedingung, dass das Intervall zwischen zwei benachbarten Minima stets dasselbe bleibe oder wenigstens nur langsamen Änderungen von der Ordnung der Störungen unterworfen sei, welche dieselben allgemeinen Eigenschaften haben wie sie. Denn man weiss, dass die Umlaufszeit eins der beständigsten Elemente der Bahnen der Himmelskörper ist. Die Minima von Y Cygni können daher nicht veranlasst dsein urch Verfinsterungen, die durch einen wenig leuchtenden Körper veranlasst werden.

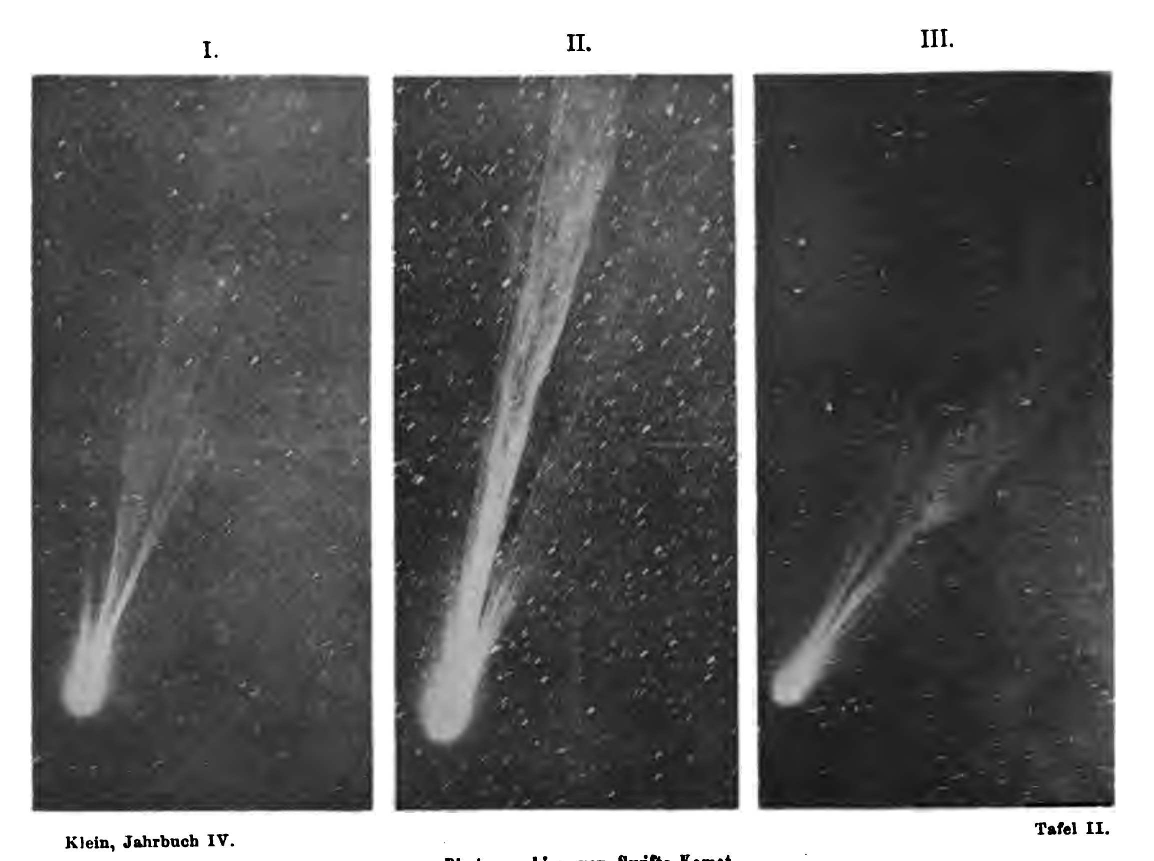
Aber Minima desselben Charakters können auch auf andere Weise entstehen. Es ist kar, dass Helligkeitsänderungen sich auch zeigen werden an einem Sterne, der aus zwei hellen Sternen besteht, wenn die Ebene ihrer Bahn durch die Sonne geht, und die Amplitude des Wechsels wird die möglichst grösste sein, wenn die beiden Sterne gleichen Durchmesser haben. Wenn sie auch dieselbe Helligkeit haben, dann ist es klar, dass die zweimalige zentrale Verdeckung die scheinbare Helligkeit des Sternes auf die Hälfte

reduzieren wird, und man wird während jedes Umlaufes zwei absolut ähnliche Minima haben, die den Stern um $^3/_4$ Grösse schwächer erscheinen lassen. Wenn hingegen der eine Stern zwar von demselben Durchmesser, aber heller ist als der andere, so wird man während jeden Umlaufes wieder 2 Minima haben, aber der Stern wird während des einen schwächer, während des anderen weniger schwach aussehen, als wenn die Helligkeit der beiden Sterne dieselbe wäre. Wenn die Helligkeit des einen Sternes noch mehr abnimmt, wird dieses Minimum endlich aufhören, sich bemerkbar zu machen, während das andere noch entschiedener werden wird, und der Stern wird in den reinen Algoltypus übergehen; seine Periode wird dann verdoppelt sein.

Untersuchen wir nun, ob die formulierte Theorie zur Erklärung der an Y Cygni beobachteten Schwankungen dienen kann. Die Beobachtungen scheinen zu zeigen, dass die bisher wahrgenommenen Minima gleiche Helligkeit haben und in der That $^3/_4$ Grösse schwächer sind, als die gewöhnliche Grösse des Sternes. Wir wollen also annehmen, dass Y Cygni aus 2 Komponenten besteht, die an Grösse und Helligkeit einander vollkommen gleich sind und sich in einer Bahn bewegen, deren Ebene durch die Sonne geht. Man wird dann, wie wir eben gesehen haben, zwei gleiche Minima während jedes Umlaufes haben, und diese Minima werden sich in denselben Zwischenzeiten folgen, wenn die Bahn der Sterne eine kreisförmige ist, oder wenn die Apsidenlinie der Bahn mit der Gesichtslinie zusammenfällt. Wenn hingegen die Bahn elliptisch ist, und die Apsidenlinie einen Winkel bildet mit der Gesichtslinie, muss das Intervall zwischen zwei auf einanderfolgenden Minima, während dessen der Durchgang durch das Perihel erfolgt, kürzer sein, als dasjenige, während dessen der Durchgang durch das Aphel stattfindet. Somit werden sich kürzere und längere Intervalle abwechselnd folgen. Das ist aber genau der Fall von Y Cygni. Man ist sonach berechtigt, folgenden Schluss zu ziehen:

Der Stern Y Cygni besteht aus 2 Sternen von gleicher Grösse und gleicher Helligkeit, die sich in einer elliptischen Bahn bewegen, deren Ebene durch die Sonne geht, und deren Apsidenlinie mit der Gesichtslinie einen Winkel bildet. Die Umlaufszeit beträgt $2^d\ 23^h\ 54^m\ 43.26^s$."

Prof. Dunér geht dann noch auf die Thatsache ein, dass nach den Gleichungen der angeführte Unterschied zwischen den verschiedenen Intervallen kein konstanter ist, sondern für jeden Umlauf um 37^s wächst. Diese Thatsache ist zwar nicht so sicher festgestellt wie der Unterschied der Intervalle von den geraden zu den ungeraden Minima einerseits und von den ungeraden zu den geraden andererseits, aber er ist sehr wahrscheinlich und wird daher vom Verf. noch eingehend untersucht. Hier sei nur angeführt, dass diese Erscheinung sehr leicht sich erklären lässt, wenn man annimmt, dass in derselben Weise wie im Sonnensysteme die Apsidenlinie in-



Photographien von Swifts Komet

am 4., 6., und 7. April 1892 aufgenommen von Prof. Barnard.

folge der Störungen von Nachbarplaneten wandert, auch in dem Systeme von Y Cygni ein Wandern der Apsidenlinie stattfindet, das veranlasst wird durch einen dritten dunklen Körper, der ausser den beiden hellen Sternen zu diesem Systeme gehört.

Einen neuen Katalog der farbigen Sterne zwischen dem Nordpole und 23° südl. Br. hat Friedrich Krüger veröffentlicht[1]). Die Arbeit enthält eine Gesamtübersicht aller farbigen und durch ein Absorptionsspektrum bemerkenswerten Sterne auf dem angegebenen Raume des Himmels. Der Verf. hat die meisten desselben auf ihr Spektrum geprüft, so dass sein Katalog zugleich der erste Versuch einer Katalogisierung aller Sterne vom III. und IV. Typus innerhalb der angegebenen Grenzen ist. Der Katalog samt dem Nachtrage enthält 2297 Sterne, doch fehlt merkwürdigerweise der sehr interessante rote Stern α ursae majoris.

Das Spektrum von β Lyrae ist von A. Belopolsky am neuen Spektrographen des 30-zölligen Refraktors zu Pulkowa untersucht worden[2]). Die Untersuchungen (in den Monaten September und Oktober 1892) erstrecken sich hauptsächlich auf die Gegend zwischen den Linien $H\beta$ und D_3 des Spektrums.

Die (17) Spektrogramme zeigen folgendes: Es sind dunkle und helle Linien vorhanden. Erstere sind in grösserer Zahl sehr zart und besonders gut in der Gegend zwischen $H\gamma$ und $H\beta$ zu sehen. Eine andere Art dunkler Linien, welche das Spektrum besonders charakterisieren, ist breiter als die ersten, sehr deutlich, mit hellen Rändern, die man zuweilen als selbständige helle Linien betrachten kann. Die Linie D_3 ist hell. Das kontinuierliche Spektrum wird von Zeit zu Zeit sehr schwach.

Es ist die Linie W. L. 501.4 $\mu\mu$ in erster Reihe zu erwähnen. Während die anderen von Zeit zu Zeit ganz verschwinden, bleibt diese Linie immer vorhanden, nur werden ihre hellen Ränder schwach und verschwinden selbst gänzlich (24. September). Bald wechseln die Ränder ihre Intensität.

Die Linien F und D_3 müssen besonders untersucht werden. Erstere ist grösstenteils doppelt (30. August bis 3. Oktober incl.). Die Helligkeit und Breite der Komponenten wechseln: bald sind beide gleich, und dazwischen sieht man eine enge dunkle Linie; bald ist die eine breiter als die andere und umgekehrt; bald verschwindet die eine von ihnen, und an ihrer Stelle entsteht eine ziemlich breite dunkle Linie; bald sind beide als helle Linien zu sehen und an einer Seite eine breite dunkle Linie.

Die D_3-Linie, wie längst bekannt, verschwindet von Zeit zu Zeit, aber ausserdem wird sie doppelt. Ob dazwischen eine dunkle Linie entsteht, kann Verf. nicht entscheiden, da das kontinuierliche

---

1) Publikation der Sternwarte. Kiel 8. 1893.
2) Astron. Nachr. Nr. 3129.

Spektrum schon bei W. L. 575 $\mu\mu$ recht schwach ist, und die D_3-Linie ganz deutlich isoliert steht.

Sie ist am 4. und 30. September doppelt, besonders scharf auf der sehr guten Platte vom 30. September.

Am 24. und 25. August war sie sehr hell und einfach, am 23. September unsichtbar, am 24. September sehr schwach, am 2. Oktober deutlich einfach. „Die Erklärung," sagt Verf., „muss noch aufgeschoben werden." Es scheint, dass eine dunkle Linie in der Gegend von F sich hin und her bewegt und das Aussehen einer hellen beeinflusst. Vielleicht zeigt die Doppel-D_3-Linie einen engen Doppelstern mit 26-tägiger Periode an.

H. C. Vogel's Untersuchungen über den neuen Stern im Fuhrmann sind in abschliessender Form jetzt erschienen[1]), und diese Arbeit ist die wichtigste und umfassendste, welche über die Nova publiziert wurde.

Einleitend bemerkt Prof. Vogel, dass er am 2. Februar 1892 die erste Mitteilung über den neuen Stern erhielt. Da der letztere nur 5. Grösse war, musste die Anwendung des grossen Spektrographen, welchen Prof. Vogel bei den Sternen bis zur 3. Grösse zur Bestimmung der Bewegung im Visionsradius benutzt hat, von vornherein als ausgeschlossen betrachtet werden, und es war daher ein besonders glücklicher Umstand, dass er im Januar 1892 die Zusammensetzung eines Spektrographen mit geringerer Dispersion, der mit dem photographischen Fernrohre in Verbindung gebracht werden konnte, ausgeführt hatte.

Infolge Ungunst der Witterung war es erst am 14. Februar möglich, den neuen Stern zu beobachten. Die Untersuchung mit einem Okularspektroskope und mit einem grösseren zusammengesetzten Spektroskope am 11-zölligen Refraktor ergab, dass das Spektrum der Nova Aurigae ausserordentliche Ähnlichkeit mit dem Spektrum der Nova Cygni (1876) in der ersten Zeit des Erscheinens dieses Sternes besass. Das kontinuierliche Spektrum war sehr kräftig und auffällig weit in das Violett hinein zu verfolgen; es war von vielen, sehr breiten, meist sehr hell leuchtenden Linien durchzogen, von denen die Wasserstofflinien C und F und 3 Linien im Grün ganz besonders auffielen. Auch mehrere breite dunkle Bänder wurden erkannt; es liess sich aber nicht sicher feststellen, ob dieselben reell, oder ob sie nur eine Folge des Fehlens von hellen Linien an einigen Stellen des Spektrums seien. „Wenn somit," sagt Prof. Vogel, „das Spektrum auch durch den Reichtum an hellen Linien grosses Interesse bot, so war doch der Anblick kein unerwarteter, da die seit Einführung der Spektralanalyse in die Astronomie beobachteten neuen Sterne meist Spektra mit hellen Linien besessen haben. Ein ganz überraschendes Resultat gab jedoch die photographische Aufnahme des Spektrums. Es erstreckte sich weit in das Violett hinein und zeigte ebenfalls viele helle und breite Linien, unter welchen besonders die ganze Reihe der Wasserstofflinien von F bis zu den rhythmisch angeordneten Linien im Violett wahrzunehmen war; an dem brechbareren Ende der meisten derselben befanden sich aber breite dunkle Linien, deren Abstände von den hellen Linien nach Massgabe der zunehmenden Dispersion im Prismenspektrum nach dem Violett wuchsen und somit eine Identität der hellen und dunklen Linien bekundeten. Mit einem Schlage war nun dargethan, dass man es nicht mit dem Spektrum nur eines leuchtenden Körpers, sondern mit übereinander gelagerten, gegen einander verschobenen Spektren von mindestens

[1]) Abhandl. d. Kgl. Preuss. Akad. d. Wissenschaften 1893.

2 Körpern zu thun habe, die sich, wie aus der Verschiebung hervorgeht, mit relativ grosser Geschwindigkeit gegen einander bewegten. In der Folge ist es auch gelungen, in dem sichtbaren Spektrum mehrere der sich dicht an die hellen Linien ansetzenden dunklen Linien zu erkennen."

„Es soll nun," fährt er fort, „hiermit nicht gesagt sein, dass die Entdeckung des Doppelspektrums der Anwendung der Photographie allein zuzuschreiben ist; denn in den mächtigen Instrumenten der Neuzeit ist das Spektrum eines Sternes 5. Grösse auch bei starker Dispersion hell genug, um die dunklen Linien deutlich neben den hellen erkennen zu lassen, und es ist wohl anzunehmen, dass selbst mit Hilfe mittelgrosser Instrumente die Eigentümlichkeit des Spektrums der Nova ohne Anwendung der Photographie im wesentlichen richtig erkannt worden wäre. Die Überlegenheit der photographischen Methode im Vergleiche zur direkten Beobachtung tritt aber unzweifelhaft und sehr deutlich hervor, wenn es sich um Beobachtungen und Messungen, die ins Detail gehen, handelt, und die mit einem Instrumente von bescheidenen Dimensionen an dem Spektrum eines Sternes 5. Grösse und darunter direkt nur in sehr beschränktem Masse auszuführen sind, während die mit demselben Instrumente erhaltenen Spektrogramme noch recht sichere Messungen zulassen und wichtige Aufschlüsse zu geben vermögen, wodurch die eingehende Beobachtung des Spektrums eines so interessanten Objekts wie der Nova nicht allein auf Instrumente grösster Dimensionen beschränkt geblieben ist"

Der Verfasser giebt nun in einem besonderen Abschnitte zunächst die eigenen Beobachtungen. Diejenigen über das sichtbare Spektrum umfassen den Zeitraum vom 14. Februar bis zum 19. März, dann in der zweiten Erscheinung der Nova die Abende des 17. September 1892 und 12. März 1893. Das photographische Spektrum wurde zwischen 14. Februar und 16. März 1892 auf 19 Platten erhalten. Die Spektrogramme haben bei Anwendung gewöhnlicher, empfindlicher Platten von Dr. Schleussner eine Ausdehnung von 12 *mm* von der Wellenlänge 490 bis zu jener von 372. Der grosse Vorteil, dass bei dem 13-zölligen photographischen Refraktor, mit welchem der Apparat verbunden war, die photographisch wirksamsten Strahlen fast genau in einem Punkte erzeugt werden, zeigt sich sehr auffällig durch die geradlinige Begrenzung des Spektrums fast über die ganze Ausdehnung. Die Ausmessungen der Spektrogramme sind mit demselben Mikroskop-Apparate ausgeführt worden, den Prof. Vogel zum Ausmessen der zur Ermittelung der Bewegung der Sterne im Visionsradius hergestellten Spektra verwendet und in den Publikationen des Astrophysikalischen Observatoriums ausführlicher beschrieben hat.

„Da sich schon," sagt der Verfasser, „nach den ersten Aufnahmen zeigte, dass man es bei dem Spektrum der Nova möglicherweise nicht nur mit den Spektren zweier Körper, sondern mit mehreren übereinander gelagerten Spektren verschiedener Körper zu thun habe, war nicht zu erwarten, durch in das äusserste Detail getriebene Messungen über das ganze Spektrum wesentliche Anhaltspunkte für die Erkenntnis der Natur der Nova — doch immer das Endziel der ganzen Bestrebungen — zu erlangen. Es fehlt nämlich die Möglichkeit einer sicheren Identifizierung, teilweise infolge des Umstandes, dass die im Chromosphärenspektrum auftretenden Linien, auf deren Identifizierung es zunächst ankommen würde, meist gruppenweise zusammenstehen, und die breiten hellen Linien nur in seltenen Fällen eine Auflösung in einzelne Linien gestatten. Aus dem Grunde habe ich mich wesentlich nur auf eine Spezialuntersuchung der Wasserstofflinien und der Linie K beschränkt, da hier ein Zweifel über die Identität nicht vorliegen konnte, und sie ausserdem ein besonderes Interesse boten. Unter dem Mikroskope erkennt man nämlich, dass diese Linien, wo sie als helle Linien im Sternspektrum erscheinen, zwei oder mehrere Intensitätsmaxima zeigen, und dass in den dunklen Linien eines

zweiten Spektrums, die sich an das brechbarere Ende der hellen Linien ansetzen, feine helle Linien nahe in der Mitte derselben auftreten."

Die in der Originalabhandlung mitgeteilten Messungen beziehen sich ausschliesslich auf die Lagenbestimmungen dieser Linien und der erwähnten Intensitätsmaxima. Da es nicht möglich war, gleichzeitig mit dem Sternspektrum auch das Wasserstoffspektrum auf die Platte zu bringen, ist so nahe als möglich zu beiden Seiten des Spektrums der Nova dasjenige von α oder von β Aurigae nach beendeter Exposition auf die Nova photographiert worden, nachdem durch Versuche, Spektra verschiedener weit von einander abstehender Sterne nebeneinander auf eine Platte zu bringen, dargethan worden war, dass die Stabilität des Apparates gross genug war, um auf diese Weise einigermassen sichere Vergleichungen und zuverlässige Messungen zu erhalten. Bei allen Aufnahmen, mit Ausnahme der beiden ersten, vom 14. und 15 Februar ist der Spalt äusserst eng gewesen, und in gelegentlich mit unveränderter Spaltstellung gemachten Aufnahmen des Spektrums von α Tauri oder des Mondes erscheinen die Spektrallinien mit ausserordentlicher Schärfe und Feinheit. Die photographischen Aufnahmen selbst sind meist von Frost und von Dr. Wilsing ausgeführt worden.

Die folgende Zusammenstellung enthält die von Prof. Vogel gefundene Breite der hellen und dunklen Hδ-Linie und Hγ-Linie im Durchschnitte aus sämtlichen gemessenen Platten, sowie die Verschiebung der Mitten dieser Linien gegen die Linien des Vergleichsspektrums (nach Reduktion auf die Sonne) im Durchschnitte aus den Platten Nr. 5, 10, 12, 13 und 14 und die diesen Verschiebungen entsprechenden Geschwindigkeiten in geographischen Meilen.

Linie	Breite in $\mu\mu$	Verschiebung der Mitte in $\mu\mu$	Geschwindigkeit in geograph. Meilen
H δ, hell	1.49	+ 0.44	+ 43
H γ, hell	2.28	+ 0.85	+ 79
H δ, dunkel . . .	1.53	— 1.10	—108
H γ, dunkel . . .	1.65	— 1.15	—107

Über das Aussehen der dunklen Linien bemerkt Prof. Vogel noch, dass er bei mehreren Platten den Eindruck erhalten habe, als ob diese Linien da, wo sie sich an die hellen Linien ansetzen, also an der weniger brechbaren Seite, von den hellen Linien etwas überdeckt würden, und dass die Mitte wohl durch die feine helle Linie bezeichnet wäre. „Der Gedanke, dass letztere dann als eine Umkehrungserscheinung aufzufassen ist, liegt nahe. Dagegen zeigen andere Platten, besonders solche, die länger exponiert sind, dass die grösste Dunkelheit in den Linien im Vergleiche zur feinen hellen Linie etwas nach Violett zu gelegen ist. Fasst man diese Stelle als Mitte auf, so entspricht die Verschiebung dieser Mitten einer Bewegung von ca. 110 Meilen in der Sekunde."

In einer besonderen Tabelle werden noch die aus den Potsdamer Beobachtungen abgeleiteten, meist auf mehrfachen Messungen beruhenden Wellenlängen der hellsten Linien im sichtbaren und photographischen Spektrum der Nova zusammengestellt und zur Vergleichung die hellsten Linien im Spektrum der Chromosphäre nach Young beigefügt.

Es finden sich unter 36 gemessenen Linien 27 mit Chromosphärenlinien fast gänzlich zusammenfallend.

Im zweiten Abschnitte giebt Prof. Vogel eine kritische Zusammenstellung und Darstellung der hauptsächlichsten anderwärts aufgeführten Untersuchungen. Zunächst gedenkt er der Beobachtungen von W. Huggins und Mrs. Huggins, dann derjenigen von Pickering, Copeland, Lockyer und Belopolsky. Unter der Annahme, dass die beobachteten Intensitätsmaxima in der hellen Hγ-Linie helle Wasserstofflinien verschiedener

Spektra seien, leitet Belopolsky schliesslich Bewegungen für die Körper, welchen die Spektra angehören, relativ zur Sonne ab und kommt zu folgendem Resultate:

Geschwindigkeit	— 118	geogr. Meilen	(Mitte der dunklen Linie [1]).
„	— 90	„ „	(Helle feine Linie in der dunklen).
„	— 7	„ „	(I. Maximum in der hellen Linie).
„	+ 79	„ „	(II. Maximum in der hellen Linie).
„	+ 145	„ „	(III. Maximum in der hellen Linie).

Belopolsky hebt noch ausdrücklich hervor, dass die Geschwindigkeit, mit welcher sich der Körper, dessen Spektrum dunkle Linien zeigt, gegen die Sonne bewegt, während der ganzen Beobachtungszeit nahe dieselbe geblieben ist.

Ferner werden die photographischen Spektralaufnahmen von Sidgreaves und v. Gothard besprochen. Letzterer findet, dass die Nova in ihrer zweiten Erscheinung eine bemerkenswerte Übereinstimmung ihres Spektrums mit demjenigen der planetarischen Nebel zeigte. Vogel bemerkt dazu: „Aus der scheinbaren Übereinstimmung des Spektrums der Nova mit dem der planetarischen Nebel nun schliessen zu wollen, dass beide Spektra identisch seien, und weiter, dass ein Objekt, welches sich durch sein Spektrum als ein an der Oberfläche stark erhitzter Weltkörper von fixsternartiger Beschaffenheit, der sich nach und nach abkühlt, deutlich genug dokumentiert, sozusagen über Nacht in einen gasförmigen Nebel verwandelt habe, halte ich zum mindesten für sehr gewagt. So überzeugt ich von dem Werte der v. Gothard'schen Aufnahmen bin, zumal da sie eine sehr schöne Ergänzung zu den auf der Lick-Sternwarte ausgeführten Beobachtungen bilden, so kann ich doch nicht der Ansicht des Herrn v. Gothard beitreten, wenn er seine Resultate als die interessanteste und folgenschwerste Entdeckung und die Veränderung, welche das Spektrum des neuen Sternes während der Sommermonate, während welcher er sich einer Beobachtung entzog, als in der Geschichte der Astronomie bis jetzt alleinstehend bezeichnet [2]). Besonders gegen die letzte Behauptung möchte ich anführen, dass das Spektrum der Nova Cygni wohl eine ganz ähnliche Veränderung erfahren hat. Es blieb nach den Beobachtungen der damaligen Zeit, wo das mächtige Hilfsmittel, welches die Anwendung der Photographie gewährt, noch fehlte, nur eine einzige Linie übrig, die innerhalb der Genauigkeitsgrenzen mit der hellsten Linie des Nebelspektrums λ 500 7 $\mu\mu$ übereinstimmte [3]); auch ist schon damals die Ansicht, die Nova habe sich in einen Nebel verwandelt, ausgesprochen und von mir zurückgewiesen worden."

Das umfangreichste Beobachtungsmaterial über das Spektrum des neuen Sternes ist auf der Lick-Sternwarte gesammelt und von Campbell ausführlich mitgeteilt worden. Bei vorläufigen Mitteilungen über seine Beobachtungen an dem Spektrum der Nova [4]) hatte Prof. Vogel schon darauf aufmerksam gemacht, dass eine grosse Anzahl der Linien im Spektrum der Nova mit den Hauptlinien im Spektrum der Chromosphäre unserer Sonne übereinzustimmen scheint, und weiteres ist in den vorstehenden Beobachtungen zu finden. Campbell hat diese Vergleichung auf Grund seines reichen Beobachtungsmateriales viel weiter führen können, und eine ganz überraschende Übereinstimmung ist das Resultat dieser Untersuchungen. Gegen 40 der hellsten Chromosphärenlinien nach Young's

[1]) Belopolsky teilt die Ansicht nicht, dass die helle Linie, die sich in der dunklen Hγ-Linie zeigte, als Umkehr dieser Linie gedeutet werden könne.

[2]) Mathem. und naturw. Berichte **10.** Budapest 1892. p 247.

[3]) Monatsberichte der Königl. Akad. der Wissensch. zu Berlin 1878. p. 302.

[4]) Astron. Nachr. Nr. 3079

Beobachtungen koinzidieren mit Linien, die Campbell in dem Spektrum der Nova gemessen hat. Hauptsächlich sind es Eisenlinien. Durch eine noch nebenbei ausgeführte Vergleichung mit Linien verschiedener Elemente konnte die Koinzidenz noch einiger Linien besonders mit Linien der Spektra von Eisen, Calcium, Natrium und Magnesium nachgewiesen werden.

Campbell bemerkt schliesslich, dass die aus den Photographien gewonnenen Resultate das Vorhandensein von 3 oder 4 Körpern, von denen 2 oder 3 Spektra mit hellen Linien erzeugten, während einer ein Absorptionsspektrum gab, wahrscheinlich machen.

Die Nova wurde in der ersten Erscheinung auf dem Lick-Observatorium zuletzt am 26. April 1892 als Stern 16. Grösse beobachtet. Bei der schnellen Abnahme des Lichtes war zu erwarten, dass sie sich bald gänzlich der Beobachtung entziehen würde. Dann konnte der Stern erst wieder am 17. August aufgefunden werden, da er früher zu geringe Höhe hatte, und zudem noch ungünstige Witterung herrschte. Er hatte beträchtlich an Helligkeit zugenommen und erschien als Stern 10.5 Grösse; sein Spektrum bestand wesentlich nur aus hellen Linien und hatte eine gewisse Ähnlichkeit mit dem der Gasnebel, nur waren die Linien in Breite und Verwaschenheit von denen im Nebelspektrum abweichend.

Campbell macht darauf aufmerksam, dass zwischen dem Spektrum der Nova in ihrer ersten und dem in ihrer zweiten Erscheinung ein Zusammenhang nicht deutlich hervortritt. Es sei möglich, dass die jetzt vorhandenen Linien in dem früheren Spektrum gewesen seien, sich aber der Beobachtung entzogen hätten; wahrscheinlich sei es aber, dass die Linien des jetzigen Spektrums mit einem System früher beobachteter heller Linien übereinstimmen, und dass Bahnbewegung die Veranlassung zur Veränderung der Wellenlänge gegeben habe. Bestärkt wird diese Ansicht noch dadurch, dass die Wellenlängenbestimmungen der hellsten Linie, λ 500 $\mu\mu$ im jetzigen Spektrum, nach Campbell eine Veränderung der Wellenlänge und damit eine Bahnbewegung andeuten. Am 20. August ist die Geschwindigkeit, mit welcher der Körper sich uns nähert, zu 28 Meilen gefunden worden; sie wächst bis zum 7. September auf 42 Meilen, nimmt dann ab bis auf ungefähr 18 Meilen im November und ist nach brieflichen Mitteilungen an Prof. Vogel, am 18. Dezember und am 10. Februar 1893 nur noch 6—7 Meilen gewesen.

Indessen ist die Linie oder Liniengruppe bei λ 500 $\mu\mu$ breit, und es könnte die verändert gefundene Wellenlänge möglicherweise auch durch Verschiedenheit der Auffassung der Mitte oder durch Veränderung in der Lichtverteilung innerhalb der Liniengruppe erklärt werden.

Prof. Vogel macht noch einige Angaben über die photometrischen Beobachtungen der Nova zur Charakterisierung der Erscheinung. Auf der Harvard-Sternwarte wurden im Dezember 1891 mehrere photographische Aufnahmen von der Gegend des Himmels gemacht, in welcher die Nova erschienen ist; auf einer Platte vom 1. Dezember befindet sich die Nova nicht; wohl aber auf der nächsten vom 10. Dezember, wo sie als Stern von der Grösse 5.4 erscheint. Vom 10. Dezember 1891 bis 20. Januar 1892 sind 12 Aufnahmen gemacht worden, aus denen hervorgeht, dass die Nova etwa am 20. Dezember ein Maximum der Helligkeit — Grösse 4.5 — erreicht hat.

Eine Aufnahme von Wolf in Heidelberg von der betreffenden Gegend des Himmels vom 8. Dezember 1891 enthält die Nova nicht, letztere muss also schwächer als 9. Grösse gewesen sein. Das Aufleuchten des Sternes ist demnach jedenfalls sehr plötzlich erfolgt.

„Es sind viele Helligkeitsbestimmungen der Nova auf photographischem Wege ausgeführt worden, die insofern von Interesse sind, als sie eine raschere Lichtabnahme zeigen, als aus den direkten Beobachtungen hervorgeht. Es steht diese Wahrnehmung in Einklang mit den spektroskopischen

Beobachtungen, nach welchen die Lichtabnahme vom Violett aus sehr rasch erfolgte, wie das bei dem Spektrum eines in der Abkühlung begriffenen Körpers zu erwarten ist.

Am 17. August 1892 wurde die Nova auf dem Lick-Observatorium als Stern 10.5 Grösse wieder aufgefunden. Der Stern hat darauf im Oktober und November an Licht abgenommen, aber im Dezember vorigen und zu Anfang dieses Jahres wieder die 10. Grösse erreicht.

Bei der Wiederauffindung der Nova ist von mehreren Astronomen des Lick-Observatoriums die Beobachtung gemacht worden, dass das Aussehen des Sternes abweichend war von Sternen derselben Grösse, doch war der Mond nahe, und der helle Himmelsgrund störend. Am 19. August fand Barnard die Nova mit dem 36-zölligen Refraktor als Nebel von 3″ Durchmesser mit einem Sterne 10. Grösse in der Mitte. Dieses Aussehen hat sich denn auch bei den weiteren Beobachtungen nicht wesentlich verändert. Die Helligkeit des Kernes sowohl wie die der Nebelhülle ist Schwankungen unterworfen gewesen, der Durchmesser aber konstant geblieben. Im ganzen sind 16 Beobachtungen von Barnard, vom 19. August bis 5. Dezember, veröffentlicht worden.

Auf dem Observatorium von Pulkowa haben Renz und einige andere Astronomen ein ähnliches Aussehen der Nova beobachtet. Die Nova erschien als feiner Stern, mit einer nebelartigen Aureole umgeben.

Die photographischen Aufnahmen von Roberts mit seinem 20-zölligen Reflektor vom 3. Oktober 1892 (Exposition 110 *m*) und vom 25. Dezember 1892 (Exposition 20 *m*) zeigen keine Nebelhülle um die Nova. Es beweist dies, dass eine solche keine grössere Ausdehnung als 21″, entsprechend dem Durchmesser des Sternscheibchens auf der ersten Photographie, gehabt haben kann.

Da die Annahme einer Täuschung bei einem so vorzüglichen Beobachter wie Barnard ausgeschlossen werden muss, so sind seine Beobachtungen einer genaueren Beachtung wohl wert, und es dürfte von höchstem Interesse sein, Gewissheit darüber zu erhalten, ob die Nova sich plötzlich in einen Nebelfleck verwandelt, oder ob sie auch in der zweiten Erscheinung ihren sternartigen Charakter beibehalten hat."

Prof. Vogel giebt eine Erklärung, die dahin geht, dass die Nebelhülle nur eine Folge der Achromatisierung der grossen Objektive sei, und in einem Spiegelteleskope die Nova stets sternartig erschienen sein würde.

Im dritten Abschnitte beschäftigt sich Prof. Vogel mit den verschiedenen Hypothesen über den neuen Stern, und dieser Abschnitt ist insofern sehr wichtig, als die Beobachtungen samt und sonders zuletzt doch nur zu dem Zwecke angestellt wurden, eine Hypothese über das Wesen der Erscheinung als wahrscheinlich begründen zu können.

„Trotz der geringen Helligkeit des Sternes," sagt Prof. Vogel, „ist durch vervollkommnete instrumentelle Hilfsmittel, namentlich aber durch die Spektrographie, ein so reiches Beobachtungsmaterial gesammelt worden, dass die Beobachtungen über ähnliche Vorgänge aus früherer Zeit geradezu dürftig erscheinen. Es ist denn auch infolgedessen ein grösserer Fortschritt in der Erkenntnis dieser Himmelserscheinungen zu erwarten, und meines Erachtens ist derselbe wesentlich darin zu finden, dass die Annahme eines Körpers zur Erklärung der Vorgänge als nicht mehr ausreichend betrachtet wird. Wenn es auch in früheren Fällen gelang, verschiedene Hypothesen aufzustellen, die den unvollkommenen Beobachtungen und besonders den infolge einer weniger günstigen Lage der Verhältnisse nicht klar hervortretenden Erscheinungen mehr oder minder genügten — denn man darf nicht verkennen, dass es ein ganz besonders glücklicher Umstand gewesen ist, dass bei der vorjährigen Erscheinung zufällig die in dem Visionsradius gelegenen Bewegungskomponenten der Körper so erheblich gross waren, dass eine Trennung der Spektrallinien beobachtet werden konnte —, so lagerte doch ein völliges Dunkel über der eigent-

lichen Ursache der plötzlichen grossartigen Umwälzungen, die man im wesentlichen enormen Gasausbrüchen aus dem Inneren der bereits an der Oberfläche stark abgekühlten Weltkörper zuschrieb. Dieser Umstand macht es denn erklärlich, dass unter den sehr vielen Versuchen, die gemacht worden sind, die bei der Nova Aurigae beobachteten Erscheinungen zu erklären, die Annahme nur eines Körpers ganz sporadisch auftritt.“

Was nun die spezielle Deutung der durch das Spektroskop ermittelten Erscheinungen an dem neuen Sterne anbelangt, so ist hierüber unter den Beobachtern keine Übereinstimmung erzielt worden. Prof. Vogel führt die hauptsächlichsten dieser Deutungen an und giebt eine kurze Kritik derselben. Wir heben aus seinen bezüglichen Ausführungen folgendes hervor:

„Lockyer erblickt in der Erscheinung der Nova eine Bestätigung seiner Meteorschwarmhypothese und erklärt erstere durch das Zusammentreffen zweier Meteorschwärme. Ein dichterer Schwarm bewegt sich mit grosser Geschwindigkeit auf die Erde zu, indem er einen weniger dichten Schwarm, der sich von der Erde weg bewegt, durchschneidet. Weshalb alle die Teilchen in dem dichteren Schwarme oder wenigstens die meisten davon Spektra mit dunklen Linien (Absorptionslinien), die des weniger dichten Schwarmes aber vorwiegend Spektra mit hellen Linien geben, wird nicht weiter erklärt; desgleichen bleibt unerörtert, wie nach dem Durchdringen zweier kosmischer Wolken oder Meteorschwärme, bei welcher ein naher Vorübergang und unausbleibliche Zusammenstösse von Massenteilchen derselben Ordnung und infolgedessen eine sehr erhebliche Geschwindigkeitsveränderung, die sich in Wärme umsetzt, anzunehmen ist, noch die enorme relative Geschwindigkeit von über 100 geogr. Meilen übrig bleiben kann.

Eingehender, den beobachteten Erscheinungen und der grösseren Wahrscheinlichkeit mehr Rechnung tragend, sind die Betrachtungen, welche Huggins anstellt[1]). Er geht zunächst von der Annahme aus, dass zwei gasförmige Körper oder Körper mit Gasatmosphären vorhanden sind, die sich nach grosser Annäherung in parabolischen oder hyperbolischen Bahnen bewegen, deren Axe nahe in der Richtung nach der Sonne gelegen ist.

Huggins führt weiter aus, dass man, analog den Hypothesen über die Veränderlichen mit langer Periode, die Annäherung beider Körper als eine periodische Störung, die sich in langen Zwischenräumen wiederholt, ansehen kann, dass aber die grossen Geschwindigkeiten der Komponenten der Nova viel eher darauf hindeuten, dass dieselben nicht wesentlich eine Folge der gegenseitigen Anziehung der Körper sind, man müsse vielmehr annehmen, dass sich 2 Körper zufällig begegnet wären, die schon vordem grosse Geschwindigkeiten besassen.

Einen direkten Zusammenstoss der Weltkörper für die Erklärung der Nova anzunehmen, hält Huggins für unzulässig; nicht einmal ein teilweiser Zusammenstoss sei wahrscheinlich, höchstens, bei sehr nahem Vorübergange, eine wechselseitige Durchdringung und Vermischung der äussersten Gesamtumhüllungen beider Körper. Eine wahrscheinlichere Erklärung werde dann aber durch eine Hypothese gegeben, die wir Klinkerfues verdanken, und die in neuerer Zeit von Wilsing weiter ausgeführt worden ist, nämlich die, dass bei sehr nahem Vorübergange zweier Weltkörper enorme Gezeitenerscheinungen entstehen, wodurch Veränderungen in der Helligkeit der Körper bedingt würden. Bei dem nahen Vorübergange der beiden Körper, welche die Nova bilden, sei anzunehmen, dass diese Erscheinungen in sehr starkem Masse aufgetreten sind und Veranlassung zu grossen Druckveränderungen gegeben haben, welche wiederum enorme Eruptionen aus dem heissen Inneren der Weltkörper

[1]) Klein, Jahrbuch 3. p. 101 u. ff.

verursachten, die mit elektrischen Erscheinungen verbunden gewesen sind, vergleichbar mit den Ausbrüchen auf der Sonne, nur in sehr vergrössertem Massstabe.

Bei einer solchen Sachlage würden die Bedingungen für Umkehrungserscheinungen in den Spektrallinien, die fortwährendem Wechsel unterworfen sind, in vollem Masse gegeben sein, und da ähnliche Verhältnisse sich in den hellen und dunklen Linien des Spektrums der Nova darstellen, so dürfte sich die Berechtigung obiger Annahme kaum in Abrede stellen lassen.

Huggins ist der Ansicht, dass die Lichtquelle, welche das kontinuierliche Spektrum gab, in dem die stark nach Violett verschobenen Absorptionslinien erschienen, stets hinter dem kühleren absorbierenden Gase geblieben sei und thatsächlich mit letzterem den sich uns nähernden Körper gebildet habe. Den Grund dafür, dass der sich entfernende Körper helle Linien aussandte, während der sich uns nähernde ein kontinuierliches Spektrum mit dunklen Bändern gab, glaubt Huggins in dem verschiedenen Zustande der Entwickelung beider Körper und der damit verbundenen Verschiedenheit von Dichte und Temperatur finden zu können.

Schliesslich macht Huggins noch auf die anfänglichen Lichtschwankungen und auf die dann erfolgte schnelle Lichtabnahme der Nova aufmerksam und darauf, dass das Spektrum derselben, solange es beobachtet werden konnte, keine Veränderung der relativen Helligkeit der Hauptlinien gezeigt habe, und findet auch hierfür eine Stütze in der von ihm ausgesprochenen Ansicht. Nach einigem Hin- und Herschwanken der Gezeitenstörungen tritt Ruhe ein. die äusseren und kühleren Gase umschliessen die Körper wieder allseitig, und die Durchsichtigkeit der Atmosphäre vermindert sich, je weiter sich die Körper von einander entfernen.

Die Bedenken, welche sich der Huggins'schen Ansicht und allen ähnlichen Hypothesen entgegenstellen lassen, sind hauptsächlich in der geringen Wahrscheinlichkeit begründet, dass 3 Körper zusammentreffen, die sich in entgegengesetzter Richtung und mit so abnormen Geschwindigkeiten bewegen. Fasst man nämlich mit Huggins die breiten hellen Linien als Ganzes auf und sieht die in denselben erschienenen Intensitätsmaxima als Umkehrungserscheinungen an, so ist aus der Verschiebung der Mitte der Linien gegen die entsprechenden Linien künstlicher Lichtquellen die Bewegung abzuleiten, und es ergiebt sich dann eine Bewegung von etwa 60 geogr. Meilen in der Sekunde von unserer Sonne fort, während der Körper mit dunklen Linien im Spektrum sich mit ca 100 geogr. Meilen Geschwindigkeit auf das Sonnensystem zu bewegt. Zieht man ferner in Betracht, dass man es nur mit den in den Visionsradius fallenden Bewegungskomponenten zu thun hat, die wahren Bewegungen demnach noch viel grösser sein können, so vermindert sich damit nur die Wahrscheinlichkeit noch mehr.

„Die feinen hellen Linien," fährt Prof. Vogel fort, „die in den dunklen Wasserstofflinien des einen Spektrums aufgetreten sind, habe ich gleich von Anfang an als Umkehrungserscheinungen aufgefasst; die Intensitätsmaxima in den hellen Linien auf eine ähnliche Ursache zurückzuführen, scheint dagegen nach meinen Beobachtungen nicht gut zulässig zu sein. und das bildet den zweiten Einwand, den ich gegen die Huggins'sche Ansicht erheben möchte Bei normalem Verlaufe von Umkehrungserscheinungen in hellen Linien tritt in der Mitte der hellen, stark verbreiterten Linie zuerst eine schmale dunkle Linie auf; dieselbe verbreitert sich bei Steigerung der Dampfdichte und zeigt, wenn doppelte Umkehr sich bildet, wieder eine feine helle Linie in der Mitte. Asymmetrische, in bezug auf die Mitte der sich umkehrenden Linien und ungleiche Intensitäten in den hierdurch entstandenen beiden Teilen mögen vorkommen; ich habe sie noch nie beobachten können, selbst wenn die Linien noch viel stärker verbreitert waren, als die hellen Linien im Spektrum der

Nova. Alle Beobachter stimmen nun aber darin überein, dass die Verteilung des Lichtes in den hellen Linien des Spektrums der Nova in bezug auf die Mitte der Linien eine durchaus unsymmetrische gewesen ist, die sich während der ganzen ersten Erscheinung nicht wesentlich geändert hat, und man wäre daher gezwungen, bei der einen Komponente der Nova mit hellen Spektrallinien eine solche asymmetrische Gestaltung der Linien und eine eigentümlich abweichende Lichtverteilung in derselben anzunehmen.

Schliesslich könnte noch eingewendet werden, dass merkbare Ebbe- und Flutwirkungen wohl kaum auf längere Zeit angenommen werden können, da bei der grossen relativen Geschwindigkeit die Körper sich täglich um 10 Millionen geogr. Meilen von einander entfernen. Seeliger weist nach, dass nennenswerte Gezeitenstörungen sogar nur einige Stunden angedauert haben können. Man darf jedoch nicht vergessen, dass die Gezeiteneinwirkung nur als auslösendes Agens anzusehen ist, welches eine ganze Kette von Erscheinungen und Umwälzungen der mächtigsten Art in den Atmosphären der Körper im Gefolge hat, die Wochen und Monate andauern können; ich glaube, die Huggins'sche Hypothese wesentlich von diesem Gesichtspunkte aus interpretieren zu sollen.

Belopolsky spricht seine Ansicht über die Nova in folgenden Sätzen aus: „Zur Erklärung des ganzen Vorganges bleibt nur die Annahme übrig, dass wir es mit zwei oder mehreren Körpern angehörenden, übereinander gelagerten Spektren zu thun haben. Der eine Körper mit einer starken Wasserstoffatmosphäre und verhältnismässig niedriger Temperatur bewegt sich mit einer enormen Geschwindigkeit auf uns zu, während der zweite, mit hellen Wasserstofflinien im Spektrum, eine hohe Temperatur besitzt und vielleicht während der Beobachtungszeit sich mit veränderlicher Geschwindigkeit, erst von uns, dann auf uns zu bewegte.

Letzterer könnte aus mehreren kleineren Körpern bestehen, deren Bewegungsrichtung verschiedene Winkel mit dem Visionsradius einschlössen. Die Konstanz und enorme Grösse der Geschwindigkeit des ersten Körpers lässt darauf schliessen, dass dies der Hauptkörper des Systems ist, und dass die Geschwindigkeit seiner eigenen Trägheit, nicht aber der Anziehung eines anderen Körpers zuzuschreiben ist. Der zweite Körper (oder das zweite System von Körpern) ist dann derjenige, welcher in der Atmosphäre des ersteren aufgeflammt ist. Er muss im Vergleiche mit dem ersten Körper eine kleinere Masse besitzen, und deswegen konnte die durch seine Bewegung in der Atmosphäre des ersteren erzeugte Wärmemenge genügen, ihn in glühenden Dampf zu verwandeln. Die Erscheinung muss der Explosion von Boliden in der Atmosphäre unserer Erde (oder eines Kometen im Perihel), deren kleine Masse aufleuchtet, sich in glühende Gase verwandelt, ohne unsere Atmosphäre zum Leuchten zu bringen, analog gewesen sein.

Diese kleine Masse hat wahrscheinlich eine hyperbolische Bahn um denselben (den Hauptkörper) beschrieben. Nachdem sie die Gashülle desselben verlassen, musste ihr Glanz sehr rasch verlöschen, wie wir das in der That gesehen haben. Sekundäres Aufleuchten ist ja auch bei Boliden und Kometen häufig beobachtet worden, sowie fortwährendes Schwanken der Helligkeit während der letzten Zeit der Sichtbarkeit."

„Es ist nicht ohne weiteres einzusehen," bemerkt treffend Prof. Vogel, „wie Belopolsky zu der Annahme kommt, dass der Körper mit hellen Linien im Spektrum sich vielleicht zu Anfang der Beobachtungen von uns, dann auf uns zu bewegt habe. Diese Annahme ist aber eine Folgerung aus der Voraussetzung, dass man überhaupt aus der hellen Linie infolge ihrer unsymmetrischen Gestalt, die durch die dunkle Linie bedingt sei, die Grösse der Verschiebung nicht ableiten könne, und sie basiert auf einer geringen von Belopolsky beobachteten Veränderung der Intensitätskurve der hellen $H\gamma$-Linie zwischen den drei ersten und den drei letzten Beobachtungen.

Auf Grund der wichtigsten über die Nova bekannt gewordenen Beobachtungen hat Seeliger eine Hypothese aufgestellt, die verschiedene neue Gesichtspunkte enthält und in vieler Beziehung Beachtung verdient[1]). Er glaubt, durch seine Betrachtungen über die Schwierigkeit, die in der Erklärung der grossen relativen Geschwindigkeiten oder anderseits in der Annahme sehr grosser Massen, zu denen man bei der Voraussetzung zweier kompakter Weltkörper gelangt, enthalten ist, hinwegkommen zu können.

In neuerer Zeit ist man namentlich durch die Himmelsphotographie zu der Einsicht gelangt, dass der Weltraum mit mehr oder weniger ausgedehnten Gebilden sehr dünn verstreuter Materie angefüllt ist, und dass daher der Eintritt eines Weltkörpers in eine solche Wolke nichts Unwahrscheinliches enthält, jedenfalls aber viel wahrscheinlicher ist, als der nahe Vorübergang an einem anderen kompakten Weltkörper. „Sobald nun ein Weltkörper in eine kosmische Wolke einzutreten beginnt, wird sofort eine oberflächliche Erhitzung eintreten, und zwar notwendigerweise, wie auch die dünn verstreute Materie beschaffen sein mag. Infolge der Erhitzung werden sich Verdampfungsprodukte um den Körper bilden, diese werden sich zum Teil von ihm ablösen und sehr schnell diejenige Geschwindigkeit annehmen, welche die nächsten Teile der Wolke besitzen "

Bei der spektroskopischen Beobachtung wird der zum Leuchten gebrachte Stern zwei übereinander gelagerte Spektra zeigen, das eine kontinuierlich und infolge der davor gelagerten glühenden Gasmassen mit Absorptionslinien versehen, das andere der Hauptsache nach aus hellen Linien bestehend. Beide Spektra werden verschoben sein in dem Verhältnisse der relativen Bewegung im Visionsradius. Im grossen und ganzen wird eine Erscheinung resultieren, die sehr ähnlich ist derjenigen, welche die Nova darbot

Seeliger nimmt an, dass der Stern Anfang Dezember in das kosmische Gebilde eingetreten ist und dasselbe nicht lange vor Anfang März wieder verlassen hat. Die Frage, wie es kommt, dass so lange Zeit hindurch die grosse relative Geschwindigkeit bestehen bleiben konnte, sucht Seeliger durch eine Vergleichung der Widerstandsbewegung des Sternes mit der eines Meteors in den oberen Schichten der Atmosphäre zu entscheiden und kommt zu dem Resultate, dass eine merkbare Verlangsamung nicht anzunehmen ist.

Dass nun trotz dieser geringen Verlangsamung noch genügend viel Bewegungsenergie in Wärme verwandelt wird, um den Stern in oberflächliches Glühen zu bringen, sucht Seeliger rechnerisch darzulegen und findet, „dass man die Dichtigkeit des kosmischen Mediums gegen diejenigen ebenfalls schon sehr dünnen Luftschichten, in welchen das Erglühen der Meteore nachweisbar stattfindet, sehr wenig dicht annehmen kann und doch die nötige Wärmemenge bekommt. Es ist bemerkenswert, dass man alle Zahlen innerhalb sehr weiter Grenzen variieren kann, ohne befürchten zu müssen, auf Widersprüche zu stossen."

In der zweiten Erscheinung der Nova findet Seeliger eine Bestätigung seiner Ansichten, da es an sich wahrscheinlich sei, dass die supponierten Gebilde nebelartiger oder staubförmiger Natur in bestimmten Teilen des Raumes häufiger sind als anderswo, und es auch erlaubt sein wird, über die Dichtigkeitsverteilung dieser Gebilde sehr verschiedene Annahmen zu machen.

„Auf den ersten Blick," bemerkt Prof Vogel, „hat diese Hypothese etwas ausserordentlich Bestrickendes; bei näherer Vergleichung mit den Beobachtungen, auf die ich mich hier lediglich beschränken will, treten jedoch nicht unerhebliche Bedenken auf, ob dieselbe wohl zur Erklärung der Nova Aurigae geeignet erscheint. Aber auch wenn das nicht der

---

[1]) Dieselbe ist ausführlich dargestellt in diesem Jahrbuche 3. p. 111 u. ff.

Fall sein sollte, teile ich vollkommen die Ansicht Seeliger's, dass dennoch die Hypothese, die mit durchaus möglichen Verhältnissen rechnet, als zulässig für die Erklärung der Erscheinung gewisser neuer Sterne anzusehen sein wird."

Von besonderer Wichtigkeit in der ganzen Frage ist nun die Ansicht, bei welcher Prof. Vogel schliesslich stehen bleibt, und die, kurz gesagt, darin gipfelt, dass die ganze Erscheinung ein grossartiges und ungewöhnliches Weltereignis ist, bei dem Massenbewegung in Molekularbewegung, in Licht und Wärme umgesetzt wurde.

„Die Ansicht," sagt Prof. Vogel, „dass die Nova durch das Zusammentreffen eines Himmelskörpers mit mehreren Körpern zu erklären sei, drängte sich mir schon nach den ersten Beobachtungen auf, und diese Vorstellung ist im Laufe der Zeit durch weitere Beobachtungen immer mehr befestigt worden. Hierbei erregte die Frage, ob die Wahrscheinlichkeit für eine derartige Begegnung von Himmelskörpern eine nicht zu geringe sei, freilich anfänglich Bedenken; doch scheinen dieselben gänzlich gehoben durch die Überlegung, dass nach der Kant-Laplace'schen Hypothese über die Entstehung unseres Sonnensystems wohl kaum ein grösserer Weltkörper ohne Begleiter gedacht werden kann, und es scheint geradezu wunderbar, dass bei allen Hypothesen über neue Sterne diese ohne weiteres zu machende Voraussetzung ausser acht gelassen worden ist.

Nimmt man an, ein Körper, dessen Masse von der Ordnung der Sonnenmasse ist, käme plötzlich einem dem unseren ähnlichen Sonnensysteme, dessen Zentralstern durch allmähliche Abkühlung seine Leuchtkraft verloren hat, nahe, so würden dadurch enorme Störungen verursacht werden, und Zusammenstösse einzelner Glieder des Systems und dadurch bedingte Lichterscheinungen wären unausbleiblich.

Der Körper, der in dem zusammengesetzten Spektrum der Nova das kontinuierliche Spektrum mit Absorptionsbändern gezeigt hat, und der, wie bekannt, mit einer Geschwindigkeit von ca. 90 Meilen den Weltraum durchläuft, sei nun einem Systeme nahe gekommen, dessen Bewegung nicht von den gewöhnlichen Verhältnissen abweicht, für dessen Bewegungsrichtung keine besonderen Annahmen gemacht zu werden brauchen.

Durch den nahen Vorübergang an einem grösseren oder an mehreren kleineren Körpern des Systems, vielleicht auch durch direkten Zusammenstoss mit kleineren Körpern, ist der in das System eintretende Stern plötzlich in einen hohen Glühzustand versetzt worden. Zur Zeit der spektroskopischen Beobachtung hat sich der Körper in einem Teile des supponierten Sonnensystems befunden, welcher dichter mit kleinen Körperchen angefüllt gewesen ist, diese haben durch den nahen Vorübergang und durch teilweises Zusammentreffen zunächst den hohen Glühzustand der Oberfläche und der Atmosphäre des eindringenden Körpers aufrecht erhalten, den derselbe wegen des weit ins Violett sich ausdehnenden kontinuierlichen Spektrums mit Absorptionslinien gehabt haben muss. Sie haben hierbei teilweise selbst enorme Erhitzung und eine mehr oder minder grosse Geschwindigkeit erhalten, welcher das Spektrum mit hellen Linien seine Entstehung verdankt, haben also eine ähnliche Wirkung hervorgebracht wie die Teilchen der kosmischen Wolke bei der Seeliger'schen Hypothese; nur besteht hier der wesentliche Unterschied, dass die Bewegung der Körperchen durch den Zentralkörper reguliert war, sie eine wirkliche Strömung gegen den eindringenden Körper besassen und infolge derselben nicht nach allen Richtungen sich auf letzteren zubewegt haben können.

Hiermit wird es erklärlich, weshalb die hellen Linien verbreitert, einseitig verschoben und verwaschen gewesen sind; auch hat es nichts Befremdendes mehr, dass die geringste Verschiebung der hellen Linien (der eine Rand) nicht mit der Mitte der dunklen zusammenfiel, sondern einer geringen Bewegung im Weltraume entsprach, die möglicherweise nicht sehr verschieden von der des supponierten Sonnensystems gewesen ist.

Durch unausbleibliche Störungen der Niveauflächen und dadurch bedingte Eruptionen sind auch Erhitzungen in den Atmosphären des Zentralkörpers und grösserer Körper des Systems erfolgt, die, wenn sie nicht so stark gewesen sind, dass die Oberflächen der Körper selbst eine höhere Temperatur erhalten haben als ihre Atmosphären, was auch bei Erhitzungen von aussen durch auffallende kleinere Körper zunächst zu erwarten ist, ebenfalls ein Spektrum mit vorzugsweise hellen Linien gegeben haben werden. Es erklärt sich hiermit auf einfache Weise das Intensitätsmaximum in den hellen Wasserstofflinien, welches eine geringe Bewegung im Weltraume andeutet, und welches anfänglich die grösste Intensität besass.

Auch für das zweite Intensitätsmaximum, welches sich lange erhalten hat, und für das nur vorübergehend aufleuchtende dritte Maximum in den hellen Wasserstofflinien, ja selbst für die feinen hellen Linien, die in den dunklen Wasserstofflinien auftraten, könnten, unter der Voraussetzung, die letzteren seien nicht als Umkehrungserscheinungen aufzufassen, unter welcher sie sich, nebenbei bemerkt, durch keine der vorerwähnten Hypothesen erklären liessen, Erklärungen gefunden werden mit Zugrundelegung von Annahmen, für deren Wahrscheinlichkeit in einem so gestörten Systeme genügend Anhaltspunkte gegeben sind.

Noch spezieller führe ich an, dass die Anomalien, die bei den Messungen an den D-Linien beobachtet worden sind, insofern die Verschiebung der Mitte der Linie im Sternspektrum gegen die ruhende Lichtquelle geringer gefunden wurde als an den Wasserstofflinien (Huggins, Becker), sowie ähnliche Beobachtungen an feineren Chromosphärenlinien (Campbell), sich hier als selbstverständlich ergeben, indem in den von verschiedenen Körpern herrührenden Spektren nicht dieselben Linien aufgetreten zu sein brauchen. Weiter erwähne ich, dass das zweite Aufleuchten der Nova im Herbst 1892 auf eine Begegnung des das supponierte Sonnensystem durcheilenden Körpers diesmal mit einem einzelnen äusseren Gliede desselben zurückgeführt werden kann, und bemerke noch, dass wohl der sicherste Beweis für die Richtigkeit der hier entwickelten Anschauungen gegeben wäre, wenn sich mit grösserer Sicherheit Veränderungen der Wellenlängen der hellen Linien in dem jetzt sichtbaren Spektrum, wie sie die Beobachtungen Campbell's andeuten, nachweisen liessen, die eine Bahnbewegung anzunehmen gestatteten.

Ich will mich jedoch nicht weiter in Einzelheiten verlieren, da es mir in der Hauptsache nur darauf ankam, zu zeigen, dass die Wahrscheinlichkeit für die Begegnung eines im Weltraume umherirrenden Körpers mit einem geregelten Systeme von Körpern keine zu geringe ist, indem gegen die Annahme eines Planetensystems bei einem Fixsterne nichts eingewendet werden kann, und dass durch die Annahme eines solchen Systems, in welchem sich ein Körper, der sich mit der abnormen Geschwindigkeit von 90—100 Meilen bewegt, Wochen, ja Monate lang aufgehalten haben kann, da er beispielsweise zur Durchschreitung unseres Sonnensystems volle 5 Monate gebrauchen würde, die wichtigsten bei der Nova Aurigae beobachteten Erscheinungen eine ungezwungene Erklärung finden können."

Die Vogel'sche Deutung des kosmischen Vorganges verdient sicherlich den Vorzug vor allen ähnlichen. Nur ein Punkt bietet Schwierigkeiten. Es ist die rasche Lichtabnahme der Nova. Bei dem Erglühen eines oder mehrerer grosser Weltkörper ist ein Erkalten, resp. eine Lichtabnahme innerhalb kurzer Zeit nur dann möglich, wenn sich die ganze Masse in einen Nebel von grosser Ausdehnung auflöst. Ein erglühter Stern wird anderseits seine Helligkeit gewiss in vielen Jahren und selbst Jahrtausenden nur unwesentlich ändern können.

Auf diese Schwierigkeit hat der Herausgeber dieses Jahrbuches in seinem Werke: „Kosmologische Briefe", schon früher hingewiesen. Er sagt

dort: „Man darf keinen Augenblick in Abrede stellen, dass die Abkühlung der grossen Weltkörper erst nach ausserordentlich langen Zeiträumen merklich werden kann. Allein die bei den sogenannten neuen Sternen nach wenigen Tagen eintretende Lichtabnahme wird auch meines Erachtens nicht durch Abkühlung infolge der Wärmeausstrahlung hervorgerufen, sondern hat einen anderen Grund. Denken wir uns, dass zwei grosse kosmische Massen, etwa 2 Fixsterne, aufeinander prallen, so wird augenblicklich eine ungeheuere Glut entstehen, welche, aus kosmischer Entfernung gesehen, als schnelle Lichtzunahme eines Sternes erscheint. Die Materie der beiden Weltkörper muss infolge dieser Wärmezunahme völlig vergasen, d. h. die einzelnen Teilchen der Materie werden sich von einander entfernen und einen Nebelfleck bilden, dessen Ausdehnung von der Masse und Temperatur der beiden zusammengestossenen Sterne abhängt. Diese Ausdehnung der vergasten Materie von dem Volum zweier Fixsterne bis zu dem milliardenfach grösseren eines Nebelfleckes kann aber nicht momentan erfolgen, sondern erfordert eine gewisse Zeit, die bei den ungeheuren Dimensionen, um welche es sich hier handelt, sicherlich nach Wochen und vielleicht selbst nach Monaten zu berechnen ist. Gleichzeitig aber muss während dieses Vorganges die Temperatur der Gasmasse sinken, denn die Ausdehnung kann nur auf Kosten der Wärme stattfinden. Mit dem Sinken der Temperatur aber erfolgt Abnahme der Leuchtkraft, d. h., aus Fixstern-Entfernung gesehen, Abnahme der Helligkeit des „neuen“ Sternes. Die vergaste Masse ist also nach dem eben geschilderten Vorgange nicht eigentlich mehr ein Stern, sondern ein kosmischer Nebel von sehr geringer Helligkeit.“

Ob nun das Spektroskop thatsächlich im letzten Stadium der Sichtbarkeit eine Nova, deren Spektrum mit dem der planetarischen Nebel völlig übereinstimmend, zeigt oder nicht, ist von geringem Belange. Di Erklärung der raschen Lichtabnahme lässt sich auf gar keine andere Weise gleich ungezwungen geben, und eine Ähnlichkeit des Spektrums der Nova mit dem Spektrum der Gasnebel ist wenigstens nicht in Abrede zu stellen.

Prof. Seeliger hat gegen die Vogel'sche Erklärung des Aufleuchtens der Nova eine Reihe von Bedenken erhoben[1]), welche ihn zu dem Schlusse führen, dass diese und ähnliche Hypothesen nicht geeignet seien, als Grundlage für weitere Betrachtungen zu dienen.

Über die Natur des Spektrums der Nova Aurigae spricht sich neuerdings W. Campbell sehr bestimmt aus[2]). Er hat dasselbe optisch und photographisch am grossen Lick-Refraktor vielfach beobachtet und ausser den beiden Hauptnebellinien noch eine ganze Menge anderer Linien darin wahrgenommen, welche sich auch in den Spektren der Nebelflecken finden. Hierauf gestützt, erklärt er das Spektrum des Sternes in den letzten Stadien seiner Sichtbarkeit für ein Nebelfleckspektrum. „Wenn man“, sagt er schliesslich, „dies nicht zugeben will, so muss ich fragen, was man denn in diesem Spektrum finden soll, um es als Nebelspektrum erklären zu können.“

W. Campbell giebt eine Zusammenstellung sämtlicher hellen Spektrallinien, die er in fünf planetarischen Nebeln gefunden, mit denjenigen, die das Spektrum der Nova zeigte. Folgende Tabelle enthält diese Zusammenstellung.

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3187.
[2]) Astron. Nachr. Nr. 3189.

Orion-Nebel	G. K. 4390 Σ 6	N. G. K. 7027	G. K. 4964	G. K. 4373	Nova Aurigæ
D_3	5876	D_3	—	—	—
—	—	5751	—	—	5750
—	—	5412	—	—	—
—	—	5313	532	—	—
5007	5007	5007	5007	5007	5002
4959	4959	4959	4959	4959	4954
4862	4862	4862	4862	4862	4857
—	4743	4743	4744	—	—
4713	4714	4716	4714	—	471
—	4687	4688	4686	—	4681
4661	4663	—	4663	—	—
—	4637	4631	4640	—	4630
—	4610	—	—	—	460
—	4595	—	—	—	—
—	4574	—	—	—	—
—	—	—	—	—	451
4473	4473	—	4472	4472	4466
4390	4390	—	—	—	438
4363	4364	4363	4364	4363	4358
4341	4341	4341	4341	4341	4336
427	—	—	—	—	426
424	—	—	—	—	423
4102	4102	4102	4102	4102	4098
4067	—	—	4067	4067	—
4026	4026	—	4026	4026	—
3969	3969	—	3969	3969	396
3889	—	—	—	3888	—
3868	3868		3868	3867	—
3836	—	—	—	—	—

S. W. Burnham's Doppelsternmessungen 1891. S. W. Burnham teilt [1]) seine Beobachtungen über Doppelsterne mit, die er im Jahre 1891 am 36-Zöller der Lick-Sternwarte angestellt hat. Der berühmte Beobachter bemerkt, dass dieses Jahr weniger günstig gewesen; auch sei die Handhabung eines so grossen Instrumentes immerhin mit ansehnlichem Zeitverluste verknüpft. Durchgängig waren 2 Abende in der Woche diesen Beobachtungen gewidmet, und wurde der Beobachter dabei von seinem Sohne A. J. Burnham, Sekretär des Observatoriums, unterstützt. Was die Messungen anbelangt, so wurden bisweilen an einem Abende (bei 8—10-stündiger Beobachtungsdauer) bis zu 70 angestellt, doch sind schon 40 bis 50 viel für eine gute Nacht, und der allgemeine Durchschnitt ist noch geringer. Die Beobachtungen beziehen sich meist auf sehr schwierige Doppelsterne, besonders solche, die nur in den mächtigsten Teleskopen noch gemessen werden können. Eine besondere Absicht, neue Doppelsterne zu entdecken, waltete bei diesen Beobachtungen nicht vor, die neu aufgefundenen wurden nur zufällig gesehen und dann gemessen. Aus denselben mögen folgende wenige

[1]) Astron. Nachr. 130. p. 267.

hier hervorgehoben werden. β bezeichnet die laufende Nummer des Burnham'schen Verzeichnisses, und die Örter gelten für 1880; d bezeichnet die Distanz in Bogensekunden, p den Positionswinkel.

β 1225 RA 0^h 20^m 55^s D + 20° 26′ d 1.15″ p 189.3° 8.1 und 11.8 Grösse. 1891.85.

β 1226 RA 0^h 24^m 58^s D + 57° 29′ d 0.40″ p 190.8° 8.5 und 10.5 Grösse. 1891.58.

β 1239 RA 5^h 23^m 28^s D + 34° 9′. Ein dreifacher Stern, von Herschel gemessen, der ihn beschreibt als eines der merkwürdigsten Objekte des Himmels, indem er ein gleichseitiges Dreieck bilde und genau im Zentrum eines kleinen kreisrunden Nebels stehe, der sich noch etwas über die Sterne hinaus ausdehne, gleich einer Atmosphäre. Der 36-zöllige Refraktor zeigte den innersten Begleiter sogleich doppelt. Nennt man die Sterne A, B, C, so ist A = 9.5, B = 9.9, C = 11.2 Grösse. A steht von B 8″, A von C 10.5″ entfernt. B ist von Burnham als doppelt erkannt worden: d = 2.31″ p = 324.6°, der Begleiter ist äusserst schwach, 15.2 Grösse.

β 1240, 26 Aurigae, RA 5^h 30^m 56^s D + 30° 25′, A = 5.6, B = 6.0, C = 8.7, D = 11. Grösse. AB : d = 0.15″ p = 344.4°. AB und C : d = 12.25″ p = 268.3°, AB und D : d = 32.33″ p = 112.7°. Der innerste Begleiter B wurde mit dem 36-Zöller entdeckt, C ist früher von Struve gesehen und gemessen worden, D wurde 1877 von Burnham entdeckt.

β 1253, 28 Lyrae RA 18^h 28^m 24^s D + 30° 28′. Der Hauptstern, dem blossen Auge sichtbar, ist 6.5 Grösse, der Begleiter 13.5 Grösse, d = 7.44″ p = 156.3°. 1891.4.

Von älteren Doppelsternen giebt Burnham neue eigene Messungen, die sich über 400 Paare erstrecken. Unter ihnen ist am interessantesten γ Andromedae, dessen Begleiter bekanntlich doppelt ist. Im Jahre 1891 war dieser so schwierig, dass selbst der 36-Zöller die Trennung nicht sicher darstellte. Bei 2600-facher Vergrösserung erschien der Stern Mitte des Jahres nur länglich, zu anderen Zeiten konnte die Distanz schwerlich grösser als 0.05″ sein. Der Positionswinkel schien im Mittel = 312.6°. Burnham glaubt, dass das Paar jetzt wieder weiter zu werden beginnt.

β 526 β im Perseus oder Algol. Ein fünffacher Stern. A, der Hauptstern, ist veränderlich, B = 13.5, C = 14.2, D = 11, E = 12.5 Grösse.

A und B : d = 57.48″ p = 155.4°; A und C : d = 68.38″ p = 144.3°; A und D : d = 81.51″ p = 192.5°; D und E : d = 11.52″ p. = 115.0°; B und C : d = 14.83″ p = 101.1°. Kein näherer Stern beim Hauptstern konnte am 36-Zöller gesehen werden.

β 1031 ι Tauri. Der doppelte Begleiter C und D bildet ein physisches System C = 10.6, D = 13.7 Grösse d = 1.83″ p = 277.0°.

54 Eridani. Bestimmt einfach. Nicht die geringste Spur von Duplizität konnte gesehen werden.

Sirius. Auch bei bester Luft konnte keine Spur des Begleiters gesehen werden.

β 1077, α ursae majoris. Der Begleiter 11. Grösse stand 1891.30 in d = 0.80″ p = 316.8°, er scheint sich jährlich in etwa 5° um den Hauptstern zu bewegen.

Der Doppelstern Σ 1785. Dieser Stern, dessen Ort für 1880 ist: Rektasz. $13^h 43^m 38^s$ Dekl. + 27° 35′, wurde von South 1823 als doppelt erkannt und wie folgt gemessen: Distanz 5.66″, Positionswinkel 160.4° Wie Burnham bemerkt, ist diese Distanz aber um 2″ zu gross, denn Struve fand sie 1830 = 3.49″. Nach der Zusammenstellung sämtlicher Messungen, die Burnham giebt[1]) muss die Umlaufsdauer des Begleiters sehr gross sein, doch ist gegenwärtig die Winkelbewegung erheblich und daher wünschenswert, dass der Stern möglichst jährlich gemessen wird. Die Distanz nimmt stetig ab. Burnham giebt folgende letzte Messungen am 36-Zöller: 1892.37 Distanz 1.46″, Positionswinkel 248.6°.

Die Bahn des Doppelsternes Σ 2 (Rektasz. $0^h 3.8^m$ Dekl. + 79° 9′ für 1900) ist von Prof. v. Glasenapp berechnet worden[2]). Er benutzte dabei Beobachtungen von 1828 bis 1892 und fand folgende genäherte Elemente der Bahn: Perihel 1890.87, Umlaufszeit 166.24 Jahre, Knoten 154.9°, Neigung 70.2°, Exzentrizität 0.40, halbe grosse Axe 0.55″. Die beiden Komponenten sind 6.3 und 6.6 Grösse.

Die Bahn des Doppelsternes 85 Pegasi ist von Prof. v. Glasenapp neu bestimmt worden[3]). Es ergab sich durch Anbringung der Korrektionen an die früher von Schaeberle erhaltenen Elemente: Perihel 1884.21, Umlaufszeit 17.487 Jahre, Knoten 307.32°, Neigung 66.74°, Exzentrizität 0.164, halbe grosse Axe 0.80″. Die beiden Komponenten sind 6. und 11. Grösse.

Die Bahn des Doppelsternes β Delphini ist ebenfalls von Prof. v. Glasenapp neu bestimmt worden[4]). Er findet folgende Elemente: Perihel 1882.38, Umlaufszeit 24.16 Jahre, Knoten 174.40°, Neigung 64.64°, Exzentrizität 0.284, halbe grosse Axe 0.51″.

Die Bewegung von ζ Herkules in der Richtung der Gesichtslinie zur Erde ist, worauf A. Belopolsky aufmerksam macht[5]), sehr beträchtlich. Der Stern ist 3. Grösse mit einem Begleiter 6.5 Grösse in 1″ Distanz. Sein Spektrum wurde von A. Belopolsky am 30-zölligen Refraktor der Pulkowaer Sternwarte photographiert. Er gehört zur II. Vogel'schen Klasse und erlaubt deshalb eine ziemlich sichere

---

1) Monthly Notices 58. Nr. 2. p. 60.
2) Astron. Nachr. Nr. 3145.
3) Astron. Nachr. Nr. 3145.
4) Astron. Nachr. Nr 3177.
5) Astron. Nachr. Nr. 3184.

Bestimmung der Bewegung in der Gesichtslinie durch die Verschiebung der Spektrallinien. Die Aufnahmen geschahen am 18. und 22. Mai und 2., 3., 4., 14., 16. Juni 1893. Sie ergaben als Bewegung relativ zur Sonne im Mittel —9.5 geographische Meilen pro Sekunde. Der grösste Wert war —11.3, der kleinste —8.6 Meilen. Die Spektrophotogramme wurden meist auf 2 Arten gemessen, nämlich einmal durch die Verschiebung der passendsten Linien gegen die künstliche Wasserstofflinie Hγ, gemäss Vogel's Methode, dann direkt durch Verschiebungen gegen die künstlichen Eisenlinien.

Der Sternhaufen im Fuhrmann (General-Katalog Nr. 1119), in Rektasz. $5^h\ 21^m$ Dekl. $+35^0\ 45'$ (1890) ist von Dr. B. Mathiessen auf der Sternwarte zu Karlsruhe genau vermessen worden. Der Haufen steht in der Milchstrasse, nicht weit von dem Sternhaufen General-Katalog Nr. 1166 und erscheint im 6-zölligen Refraktor der Sternwarte als schönes, reichhaltiges Objekt von unregelmässiger Strahlenform und mit einem Zentralsterne 9.4 Grösse, der von den übrigen Sternen des Haufens durch einen ziemlich breiten Raum getrennt ist. „Bei Betrachtung in dunklem Gesichtsfelde,“ sagt Dr. Mathiessen, „hat man den Eindruck, als ob sich eine sehr grosse Zahl von Sternen mit dem 6-zölligen Instrumente messen liess.“ In Wirklichkeit konnten nur 35 Sterne, von denen die schwächsten 11. Grösse sind, gemessen werden. Dr. Mathiessen möchte diesen Umstand der Gedrängtheit des Haufens (der eingenommene Raum beträgt kaum $^1/_{16}$ Quadratgrad) und dem milchigen Hintergrunde zuschreiben [1]).

Der grosse Sternhaufen im Herkules (Messier 13) ist von Dr. Scheiner photographisch aufgenommen und untersucht worden [2]). Dieses Objekt ist von Halley 1714 entdeckt worden, aber schon dem blossen Auge in sehr klaren Nächten als nebliger Stern erkennbar.

Messier sah ihn 1764 wieder und beschrieb ihn als runden, glänzenden Nebel, in welchem mit einem $4^1/_2$-füssigen Spiegelteleskope keine Sterne erkannt werden können. W. Herschel löste 1783 mit einem 7-füssigen Spiegelteleskope den Nebel in Sterne auf. John Herschel gab 1833 eine schematische Zeichnung des Nebels, die wenig Wert hat, das Gleiche gilt von Secchi's Zeichnung, während Trouvelot eine Darstellung des Sternhaufens lieferte, die verhältnismässig sehr gut ist. In derselben, die am 15-zölligen Refraktor zu Cambridge erhalten wurde, ist der mittlere Teil des Haufens mit unaufgelöstem Nebel dargestellt. Auf dem Wege des blossen Zeichnens kann man wohl nicht viel weiter kommen. Einen Fortschritt zeigt dagegen die erste photographische Aufnahme dieses

[1]) Veröffentlichungen der Grossherzoglichen Sternwarte zu Karlsruhe. 1892. 4. Heft.

[2]) Abhandl. d. Königl. Preuss. Akad. d. Wissensch. 1892. Anhang.

Haufens durch die Gebrüder Henry in Paris 1887. Die Expositionsdauer war 2 Stunden, die Sterne gegen den Rand hin sind völlig aufgelöst, die Mitte des Haufens jedoch nur teilweise.

Dr. Scheiner ging an seine Arbeit von der Erfahrung geleitet, dass das vorzügliche Steinheil'sche Objektiv des Potsdamer photographischen Refraktors eine beträchtlich bessere Vereinigung der Strahlen bewirkt als das Pariser Instrument, und dass also die Durchmesser der Sternscheibchen entsprechend kleiner sind, es also möglich erscheine, bei möglichst günstigen Luftzuständen und bei sorgfältigster Fokussierung Photographien des Sternhaufens zu erhalten, welche auch die mittleren Teile vollständig aufgelöst zeigen. Nach mehreren nicht befriedigend ausgefallenen Versuchen erhielt er am 9. September 1891 bei zweistündiger Expositionszeit eine Aufnahme des Sternhaufens, die allen berechtigten Anforderungen entspricht. Auch eine einstündige Aufnahme vom 10. September gelang recht befriedigend, wenngleich wegen der stärkeren Luftunruhe die Sterne zur Ausmessung weit weniger geeignet erscheinen, als auf der ersten Platte. In Anbetracht der Schwierigkeiten, welche die Herstellung einer guten Photographie trotz der hervorgehobenen Vorzüge des Objektivs bereitet hat, hat Dr. Scheiner die Überzeugung gewonnen, dass nicht mit allen jetzt vorhandenen photographischen Refraktoren die völlige Auflösung des Sternhaufens zu erzielen sein dürfte.

„Gerade der Umstand," sagt er, „dass bei der Ausmessung dieses Objektes nicht das Maximum der überhaupt bei photographischen Aufnahmen erreichbaren Genauigkeit erlangt werden kann, liess es mir von Interesse erscheinen, das Mass derselben auch für die ungünstigsten Fälle festzustellen. Ausser den eben angeführten sind aber auch noch andere Gründe für die Wahl gerade dieses Sternhaufens massgebend gewesen. Man war bisher nicht in der Lage, nach den direkten Beobachtungen auch nur annähernd über die Struktur der dichtgedrängten Sternhaufen ins Klare zu kommen, und es erschien mir daher von Interesse, diesem Mangel zunächst einmal bei einem der typischsten Glieder dieser Klasse von Himmelskörpern abzuhelfen und damit eine Beurteilung der zuweilen etwas an das Phantastische streifenden Beschreibungen dieser Objekte zu ermöglichen. Endlich liegt meiner Meinung nach gerade bei einem so dicht gedrängten Sternhaufen eine gewisse Wahrscheinlichkeit vor, innerhalb nicht allzugrosser Zeiträume gesetzmässige Bewegungen der Komponenten zu finden. Es ist allerdings durchaus denkbar, dass die Distanzen zwischen den Sternen des Haufens von derselben Ordnung sind, wie in unserem Sternsysteme, und dass nur die ausserordentlich grosse Entfernung die scheinbare Dichtigkeit erzeugt; gewisse, weiter unten noch näher zu erwähnende Eigentümlichkeiten, welche die im Haufen enthaltenen Nebelmassen zeigen, scheinen mir aber eher anzudeuten, dass die Dimensionen des Systems und entsprechend die Entfernungen von uns nicht so

ungeheuere sind, und dass damit die Hoffnung, in absehbaren Zeiten Bewegungen zu erkennen, begründet sein dürfte.

Die beste Zeichnung des Sternhaufens dürfte wohl die von Trouvelot am 14-zölligen Refraktor der Cambridger Sternwarte erhaltene sein. Dieselbe stellt den Sternhaufen mit starker Verdichtung nach der Mitte und mit unaufgelöstem Nebel dar. Von den 171 eingezeichneten Sternen sind viele in den Randteilen in Übereinstimmung mit der Photographie, in der Mitte dagegen scheinen sie willkürlich angegeben zu sein. Die sich abzweigenden und teilweise von Nebel begleiteten Ausläufer sind ziemlich richtig dargestellt.

Von den bisher erwähnten weicht die Rosse'sche Beschreibung und Zeichnung insofern ab, als nach derselben 3 Kanäle vorhanden sind, welche sich nahe der Mitte im südöstlichen Teile des Haufens vereinigen. Auf der Zeichnung heben sich diese völlig sternenleer gezeichneten Kanäle in jedenfalls stark übertriebener Weise sehr scharf ab. Um über die Existenz der Kanäle ein unbefangenes Urteil zu erhalten, hat im Jahre 1887 Harrington zu Ann Arbor durch einen Maler, dem die Rosse'sche Zeichnung unbekannt war, mit Refraktoren von 6 und 12 Zoll Öffnung Abbildungen des Sternhaufens anfertigen lassen. Auf diesen Zeichnungen sind die Kanäle deutlich sichtbar, und Harrington giebt an, dass ihre Sichtbarkeit mit der Vermehrung der Vergrösserung bis 500 eine immer bessere geworden sei."

Dr. Scheiner hat sich vergeblich bemüht, diese Kanäle in dem 9-zölligen Leitfernrohre des photographischen Refraktors zu Potsdam mit Sicherheit zu erkennen; auch geben die photographischen Aufnahmen keine Andeutung von wirklichen Kanälen.

Die photographischen Aufnahmen des Sternhaufens wurden so ausgeführt, wie es, abgesehen von der Expositionszeit, für die Anfertigung der grossen Himmelskarte vorgesehen ist.

Die Ausmessung auf den Platten wurde mit dem für die Zwecke der photographischen Himmelskarte angefertigten Repsold'schen Messapparate ausgeführt.

Die beiden Aufnahmen wurden erhalten: Platte I am 9. September 1891, $19^h\ 4^m$ bis $21^h\ 1^m$ Sternzeit; Platte II am 10. September 1891, $19^h\ 18^m$ bis $20^h\ 18^m$ Sternzeit.

Die Helligkeit der Sterne wurde nach einer willkürlichen Skala ausgedrückt, in welcher 1 den schwächsten noch wahrnehmbaren Lichteindruck und 10 die Helligkeit der zwei hellsten Sterne bezeichnet, von denen der eine ein bekanntes Objekt am südwestlichen Rande des Haufens ist.

Die Umwandlung dieser Helligkeitsschätzungen in Sterngrössen war nur auf einem nicht sehr sicheren Umwege zu erreichen, und zwar durch Anschluss an die von Charlier auf photographischem Wege ermittelten Sterngrössen der Plejaden. So fand sich, dass Skala 10 der Grösse 11.7 und Skala 1 der Grösse 14 entspricht.

Letztere Grössenklasse ist also die der schwächsten auf der Photographie Dr. Scheiner's noch sichtbaren Sterne.

Dr. Scheiner hat die Resultate seiner Arbeit über diesen Sternhaufen selbst zusammengefasst. Das Wesentlichste daraus ist mit den Worten des Autors folgendes:

„Ein Bild des Sternhaufens nach der zweistündigen photographischen Aufnahme giebt die Zeichnung. Dieselbe ist im zehnfachen Massstabe der Originalgrösse nach den Katalogpositionen angefertigt, jedoch konnte eine Anzahl von Sternen, etwa 30—40 in der Mitte des Haufens, wegen Ineinanderfliessens der Scheibchen nicht eingezeichnet werden. Auch der das Innere erfüllende Nebel ist fortgelassen, dagegen sind die Nebelknoten, deren Ort gemessen worden ist, als Sterne eingetragen. Von den drei von Rosse zuerst beschriebenen Kanälen ist, wie schon oben bemerkt, keine Andeutung vorhanden; nur bei undeutlicher Betrachtung kann durch Aneinanderreihen kleiner leerer Stellen scheinbar der Eindruck von Kanälen entstehen. Dagegen sind die von vielen Beobachtern angegebenen Arme, welche sich von der Mitte aus bis etwa 6′ Abstand erstrecken, deutlich zu erkennen. Es ist auch in neuester Zeit mehrfach die Aufmerksamkeit auf diese Arme und auch auf die Gruppenbildungen im Inneren des Haufens hingelenkt worden, indem man geglaubt hat, diesen Anordnungen eine besondere Bedeutung beilegen zu müssen. Ich kann mich dieser Ansicht nicht anschliessen, vielmehr halte ich es bei diesem Sternhaufen für gänzlich verfehlt, derartige Spekulationen zu eröffnen. Wenn, abgesehen von der Dichtigkeitsabnahme nach dem Rande zu, die Sterne nach dem Zufalle verteilt sind, so ist hierunter keineswegs zu verstehen, dass alle Komponenten nun gleichweit von einander abstehen müssten, vielmehr müssen kleinere Gruppierungen eintreten, und im vorliegenden Falle scheinen mir dieselben keineswegs das Mass des beim Zufalle Zulässigen zu überschreiten. Es lässt sich dies durch ein einfaches Experiment sehr leicht zeigen. Wenn man eine der Zahl der Sterne des Haufens entsprechende Zahl von Körnern irgend einer pulverisierten Substanz von einer gewissen Höhe auf eine horizontale Ebene herabfallen lässt, so verteilen sich dieselben annähernd nach der Dichtigkeitsabnahme, wie sie der Sternhaufen zeigt. Gleichzeitig aber weist der so erhaltene künstliche Sternhaufen leere Stellen und sich abzweigende Arme auf, welche durchaus dem Anblicke, den der Herkulessternhaufen bietet, entsprechen. Die Ähnlichkeit wird zuweilen so frappant, als ob man die Körnchen nach der Zeichnung geordnet hätte.

Ähnliche Gruppierungen und Figuren, wie sie durch die Sterne des Sternhaufens gebildet werden, kann man übrigens auch an fast jeder einigermassen sternreichen Stelle des Himmels finden. . .

Von besonderem Interesse ist dagegen das Verhalten des Nebels im Haufen zu den Sternen selbst. Während das Innere des Haufens vollständig mit Nebel erfüllt ist, zeigt der letztere sich weiter nach

dem Rande hin nur als Begleiter von Sternen oder Sterngruppen; es kommen hier Sterne vor, welche zweifellos mit mächtigen Atmosphären wie die sogenannten Nebelsterne umgeben sind. Ferner sind kleinere Nebelflecken vorhanden von fast gleichmässiger Helligkeit, ohne merkliche Verdichtung, bis zu deutlichen Nebelknoten von unregelmässiger Form. Es scheint mir keine Frage, dass das System Objekte vom einfachen Nebel bis zum völlig ausgebildeten Sterne in sich schliesst, und dass dasselbe noch verhältnismässig sehr dichten Nebel enthält, und dieser Umstand lässt nach zwei Richtungen hin Schlüsse zu, die ich aber nur mit allem Vorbehalte ziehen will, dass nämlich das System sich noch in einem relativ frühen Entwickelungsstadium befindet, und dass die Sterne desselben thatsächlich näher zusammenstehen, als z. B. in unserem Sternsysteme, weil sich die Atmosphären noch gleichsam berühren. Es ist daher, wie schon bemerkt, denkbar, in absehbaren Zeiträumen systematische Bewegungen der Sterne zu erkennen.

Ich habe noch versucht, die Lage des Schwerpunktes des Sternhaufens zu ermitteln. Der geometrische Schwerpunkt der uns sichtbaren Projektion des Haufens, d. h. das Mittel aller Sterne, fällt nur dann mit dem wirklichen zusammen, wenn symmetrisch um den Schwerpunkt herum die Sterne mit verschiedenen Massen gleichmässig, resp. nach dem Zufalle verteilt sind. Diese zunächst der Bestimmung zu grunde gelegte Annahme ist diejenige, welche a priori am wahrscheinlichsten ist, eine strenge Prüfung ihrer Richtigkeit würde aber nur dann möglich sein, wenn die relativen Massen der Sterne bekannt wären. Eine für praktische Zwecke genügende ist indessen schon dann gegeben, wenn unter starken Variationen der den einzelnen Sternen zu gebenden Massen oder ihrer bei der Schwerpunktsbestimmung zu benutzenden Gewichte keine starken Veränderungen in der Lage des Schwerpunktes herauskommen."

Dr. Scheiner hat auch unter verschiedenen Annahmen die scheinbare Lage des Schwerpunktes des Sternhaufens abgeleitet. Er findet dafür schliesslich den Ort (für 1891) von $16^h\ 37^m\ 47.1^s$ Rektasz. und $36^0\ 40'\ 13''$ nördl. Dekl. Die besseren unter den bisher erlangten Ortsbestimmungen des Objektes geben im Mittel $16^h\ 37^m\ 46.6^s + 36^0\ 40'\ 2''$ für eine etwa 30 Jahre zurückliegende Epoche. Der nicht unbeträchtliche Unterschied in Dekl. entspricht dem Umstande, dass die Maximalhelligkeit, auf welche sich die Pointierungen bei Beobachtung des Objektes im ganzen naturgemäss beziehen müssen, etwa $10''$ — $15''$ südlicher liegt als der hier abgeleitete geometrische Schwerpunkt.

„Fast alle dichten Sternhaufen," bemerkt der Verf., „erscheinen wie Messier 13 als kreisrunde Scheiben, und es ist daher die Annahme am plausibelsten, dass ihre wirkliche Gestalt die Kugel ist. Schon Secchi, der dies als selbstverständlich annimmt, bemerkt, dass die Dichtigkeit bei Messier 13 in der Mitte stärker sei, als nach der Projektion einer Kugel von gleichmässiger Dichtigkeit auf eine

Ebene resultieren würde. Seine weiteren Angaben, dass die helleren Sterne sich wesentlich am Rande des Haufens befänden, und dass die wenigen in der Mitte nur auf letztere projiziert erschienen, indem die hellen Sterne gleichsam nur einen Mantel um den eigentlichen Sternhaufen bildeten, ist hinfällig, da gerade umgekehrt die helleren Sterne hauptsächlich in der Mitte vorhanden sind.“

Um zu prüfen, wie stark die Dichtigkeitsverteilung des Sternhaufens unter Annahme der Kugelgestalt von einer gleichmässigen abweicht, hat Verf., vom Schwerpunkte ausgehend, sechs konzentrische Kreise gezogen, welche die Bedingung erfüllen, dass die Inhalte der diesen Kreisen zugehörenden und die Kugel durchdringenden konaxialen Zylinder von der Mitte aus gerechnet den Zahlen von 1 bis 6 proportional sind. Dann entsprechen die durch die Kreise begrenzten Ringe im Sternhaufen gleichen Inhalten in der Kugel.

Bei gleichmässiger Dichtigkeit müsste für jede Abteilung die gleiche Zahl der Sterne resultieren. Dies ist nicht der Fall und evident, dass die Dichtigkeit im Inneren eine ausserordentlich viel grössere ist als nach dem Rande zu, doch hat Verf. es bei der Unsicherheit der Zahlen vorgezogen, keine weiteren Untersuchungen über das Gesetz der Dichtigkeitsabnahme anzustellen. Dieselben würden auch aus dem Grunde unsicher bleiben, weil in der Mitte des Haufens die schwächeren Sterne wegen des Nebels nicht sichtbar sind, die Mitte also noch, in unbekanntem Masse, dichter ist, als die gefundenen Zahlen angeben.

Um zu ermitteln, wie viele der Sterne wahrscheinlich sich nur zufällig auf den Sternhaufen projizieren, hat Dr. Scheiner eine Abzählung aller Sterne in dem Sternhaufen zugehörenden Quadratgrade, welche die Helligkeit 1 bis 10 besitzen, vorgenommen. Danach ist anzunehmen, dass 27 der vermessenen Sterne nicht zum Haufen gehören.

Beobachtungen von Nebelflecken hat Dr. R. Spitaler am 27-zölligen Refraktor der Wiener Sternwarte ausgeführt[1]). Um den sehr schwierigen Schätzungen der Nebelhelligkeit eine festere Grundlage zu geben, hat er diese mit der Helligkeit von Sternen verglichen. Er fand, dass sein „äusserst schwach“ etwa der Sterngrösse 15 bis 15 $^1/_2$ entspricht, „sehr schwach“ = 14. Grösse, „schwach“ = 13. Grösse, „mässig schwach“ = 12. Grösse, „mässig hell“ = 11. Grösse, „ziemlich hell“ = 10. Grösse, „hell“ = 9. Grösse und „sehr hell“ = 8. Grösse. Die Beobachtungen geschahen in den Jahren 1891 und 1892, die Nummern der Nebel beziehen sich auf den neuen Generalkatalog von Dreyer. Bei Gelegenheit dieser Beobachtungen wurden von Dr. Spitaler 62 neue Nebel aufgefunden.

Untersuchungen über die Parallaxe eines Nebelfleckes hat Dr. J. Wilsing angestellt[2]), und zwar an dem von Webb entdeckten

[1]) Astron. Nachr. 13. Nr. 3167. [2]) Astron. Nachr. Nr. 3190.

planetarischen Nebel im Schwane (Rektasz. $21^h 3^m$ D $+ 41^0 48'$). Vom Juni 1892 bis Juli 1893 wurden 34 photographische Platten mit je 3 Aufnahmen von 8 Minuten Dauer angefertigt. Auf denselben zeigt sich der Nebel als ein mehrere Sekunden grosses, ziemlich verwaschenes Scheibchen mit etwas exzentrisch liegender Verdichtung. Die Lage desselben wurde mit derjenigen von zwei Sternen 11. Grösse verglichen, und die Messungen ergaben mit grosser Übereinstimmung, dass der Ort des Nebels gegen diese Sterne keine einer Parallaxe entsprechende jährliche Verschiebung zeigt. Sonach muss man annehmen, dass dieser Nebel mindestens so weit von uns entfernt ist, als die beiden Vergleichssterne 11. Grösse.

Photographie des Nebels um η Argus. David Gill hat auf der Kapsternwarte mit einem Astrophototeleskope von 13 Zoll Öffnung bei 12.2-stündiger Exposition an den 4 Abenden des 26. bis 30. März 1892 eine Photographie des Argusnebels erhalten, die bewundernswürdig ist. Dieser Nebel, der, am südlichen Himmel stehend, bei uns nicht sichtbar ist, bedeckt mehr als 0.5 Quadratgrade und ist von Sir John Herschel bei dessen Aufenthalte zu Feldhausen am Kap der guten Hoffnung in den Jahren 1834 — 1837 genau aufgenommen und gezeichnet worden. Nach dieser Zeichnung besteht der Nebel aus 2 Hauptteilen, die durch eine schwache, schmale Nebelbrücke miteinander verbunden sind. Im nördlichen Teile, von dichtem Nebel umgeben, befindet sich der veränderliche Stern η Argus. John Herschel hielt den Nebel für auflösbar. Die Herschel'sche Zeichnung desselben ist in viele Werke übergegangen und erscheint höchst merkwürdig wegen der phantastischen Formen der einzelnen Teile des Nebels. Vergleicht man sie mit der Gill'schen Photographie, so erkennt man aber, dass nur eine allgemeine Ähnlichkeit vorhanden ist und aus Herschel's Zeichnung durchaus nichts über etwaige Veränderungen in der Gestalt der einzelnen Nebelzweige geschlossen werden kann. Ja, man muss bedauern, dass der berühmte Astronom so grosse Mühe an diese offenbar wertlose Zeichnung verschwendet hat. Erst die Photographie ermöglicht eine genaue Darstellung der speziellen Gestalt und Ausdehnung dieses und anderer komplizierten Nebel.

Geophysik.

1. Allgemeine Eigenschaften der Erde.

Eine neue Bestimmung der Masse und Dichte der Erde hat Alphonse Berget nach folgender Methode ausgeführt: In dem See Habaz la Oeuve wurde durch Ableitung und Zufuhr das Niveau der Wassermasse um 1 *m* geändert und die Anziehung derselben auf ein Gravimeter, wie es von Boussingault und von Mascart zur Messung der täglichen Schwankungen der Schwere benutzt worden, in beiden Fällen gemessen. Der See hat eine Ausdehnung von 79 Acres und konnte in wenig Stunden bis zu dem gewünschten Niveau abgelassen, bezw. gefüllt werden. Die Änderungen der Quecksilbersäule in dem Gravimeter wurden mittels der Fizeau'schen Interferenzfransen gemessen, welche zwischen der Quecksilberoberfläche und einer ebenen, polierten Glasplatte am Boden einer Beobachtungsröhre im Vakuum entstehen. Zwei Reihen von Ablesungen wurden vorgenommen, die eine, als das Niveau des Sees um 50 *cm* und um 1 *m* erniedrigt war, die andere beim Erhöhen desselben um die entsprechenden Werte. Die Verschiebung der Quecksilbersäule für eine Niveauänderung um 1 *m* betrug 1.26×10^{-6} *cm*. Hieraus ergiebt sich der Wert der Gravitationskonstante, d. h. die Anziehung in Dyn, welche von einer Masse von 1 *g* auf eine andere in 1 *cm* Entfernung in Luft ausgeübt wird, $= 6.80 \times 10^{-8}$; die Masse der Erde 5.85×10^{27} *g* und ihre Dichte $= 5.41$, was gut übereinstimmt mit den bisher erhaltenen Resultaten[1]).

Die Messung des Paralleles von 47° 30′ in Russland. Vénukoff macht über diese Messung Mitteilungen[2]). Sie erstreckt sich vom Meridiane Kischinews bis zu demjenigen von Astrachan in einer Längendifferenz von 19° 11′ 55.11″. Die Messung ergab ähnliche Anomalien, wie diejenigen des Parallels von 52°, so dass es scheint, als wenn die weiten ostrussischen Ebenen in grosser Ausdehnung nach dem gleichen geometrischen Gesetze gekrümmt sind. Diese Messungen führen auf eine Abplattung von $\frac{1}{299.65}$,

---

[1]) Compt. rend. **116.** p. 1501.
[2]) Compt. rend. **116.** p. 719.

welche der von Bessel erhaltenen (zufällig) sehr nahe kommt, aber von der Clarke'schen aus dem französisch-englischen Meridianbogen sehr abweicht.

Die europäische Längengradmessung in 52° Br. von Greenwich bis Warschau. Prof. Helmert, Direktor des Zentralbureaus der internationalen Erdmessung, veröffentlicht eine grosse, lange erwartete Arbeit, und zwar zunächst über die Hauptdreiecke und Grundlinienanschlüsse von England bis Polen [1]). Die europäische Längengradmessung unter 52° Breite erstreckt sich bekanntlich von Feaghmain bei Valentia in Irland bis Orsk am Ural über einen Bogen von 69 Längengraden. Der russische Teil der Messungen ist bereits in den Bänden 46 und 47 der „Sapiski" der kriegstopographischen Abteilung des grossen Generalstabes unter Redaktion des Generals Stebnitzki veröffentlicht. Die obige Veröffentlichung bringt nun die Resultate der Messungen der westlichen Hälfte des Bogens unter Vorausschickung einer geschichtlichen Darstellung. Die Dreieckgruppen von Irland bis Polen setzen sich zusammen aus folgenden Partialnetzen: das englische Kanalnetz, das französische Kanalnetz, das englisch-französisch-belgische Verbindungsnetz, das belgische Hauptdreiecknetz zwischen Nieuport und Lommel, das belgisch-deutsche Verbindungsnetz, die rheinisch-hessische Netzgruppe, die thüringisch-sächsische Netzgruppe, die märkisch-schlesische Netzgruppe, die schlesische Netzgruppe, der preussisch-russische Anschluss bei Tarnowitz. Die vorliegende Arbeit enthält die geodätische Grundlage, die gesamten Resultate wird erst das folgende Heft in extenso geben.

Neue Bestimmungen von Lotabweichungen. Prof. Helmert giebt [2]) einen Bericht über eine Anzahl neu ermittelter Lotabweichungen. Ausser bemerkenswerten Angaben für einzelne Orte und den interessanten Mitteilungen der Florentiner Verhandlungen über die Ablenkungen des Lotes im Meridiane von Neuchâtel, sowie in der Krim verdienen besondere Beachtung folgende 3 Arbeiten:

1. Die Ergebnisse der Längengradmessungen in 52° Breite im Anschlusse an die Publikation von Bd. 47 der „Sapiski der kriegstopographischen Abteilung des russischen Generalstabes" durch General Stebnitzki, 1891.

2. Die Ergebnisse der Breitengradmessungen in Vorderindien nach Bd. 11 des „Account of the operations of the great trigonometrical survey of India" durch Lieutenant-Colonel G. Strahan, 1890.

3. Die Reihe der Lotabweichungen von München bis Mantua

---

[1]) Die europäische Längengradmessung in 52° Br. von Greenwich bis Warschau. 1. Hauptdreiecke und Grundlinienanschlüsse von England bis Polen. Berlin 1893.

[2]) Bericht über die Lotabweichungen 1892. Vom Direktor des Zentralbureaus Neuchâtel 1893 Verhandlungen der 10. in Brüssel 1892 abgehaltenen allgemeinen Konferenz der internationalen Erdmessung.

mit Überschreitung der Alpen nach den „Mitteilungen des k. und k. militärgeographischen Instituts in Wien", Bd. 11, 1891, durch Oberstlieutenant v. Sterneck.

Auf diese letzteren Arbeiten geht Prof. Helmert mit folgenden Worten näher ein:

„Tabelle I zeigt die Lotabweichungen für die Längengradmessung, teils nach den russischen Sapiski, teils nach meinem Berichte von 1887 aus den Nizzaer Verhandlungen, sowie nach Rechnungen des Zentralbureaus für die Strecke Breslau-Czenstochau, welche die in den genannten beiden Mitteilungen behandelten Gebiete voneinander trennt.

I. Lotabweichungen in Länge für die Längengradmessung in 52° Breite.

	Beob. Länge von Greenwich	Clarke	Bessel	
	° ′ ″	″	″	
Feaghmain	— 10 20 51	— 14.0	+ 0.5	
Haverfordwest	— 4 57 49	— 8.9	+ 2.6	
Brest	— 4 29 22	— 9.9	+ 1.2	
Greenwich	0 0 0	— 4 5	+ 3.7	
Paris	+ 2 20 51	— 5.0	+ 1.4	
Dünkirchen	+ 2 22 34	— 10.3	— 3.6	
Nieuport	+ 2 45 26	— 9.4	— 3.0	
Bonn	+ 7 5 51	— 10.7	— 6.9	
Göttingen	+ 9 56 35	— 7.7	— 5.6	
Kiel	+ 10 8 56	— 3.8	— 1.7	
Brocken	+ 10 37 8	+ 0.5	+ 2.2	
Gotha	+ 10 42 39	— 3.6	— 1.9	
Leipzig	+ 12 23 31	+ 1.2	+ 1.8	
Rauenberg	+ 13 22 8	+ 0.0	0.0	Angenommener Nullpunkt
Breslau	+ 17 2 13	+ 4.1	+ 1.8	
Trockenberg	+ 18 52 38	— 0.7	— 4.2	
Czenstochau	+ 19 7 54	+ 3.6	0.0	
Königsberg	+ 20 29 46	— 1.9	— 6.4	
Warschau	+ 21 1 52	+ 3.5	— 1.3	
Grodno	+ 23 49 45	— 3.2	— 9.8	
Bobruisk	+ 29 13 32	+ 4.9	— 5.0	
Orel	+ 36 3 56	+ 13.8	— 0 5	
Lipetsk	+ 39 36 14	+ 7.9	— 8.6	
Saratow	+ 46 2 39	+ 20.3	— 0.2	
Samara	+ 50 5 1	+ 7.0	— 16.0	
Orenburg	+ 55 6 37	+ 15.8	— 10.4	
Orsk	+ 58 33 26	— 19.7	— 48.0	

Die auf Bessel's Ellipsoid bezogenen Lotabweichungen sind für die aus den Sapiski entlehnten Angaben nach Clarke reduziert.

Vergleicht man die beiden Reihen von Lotabweichungen, so ist augenfällig, dass sich die Krümmung des Parallels auf den 56 Graden von Feaghmain bis Saratow dem Bessel'schen Ellipsoide weit besser anschmiegt, als dem Clarke'schen Ellipsoide. Nur am östlichsten Ende bei Orsk wird für Bessel's Ellipsoid die Abweichung sehr gross.

Eine graphische Darstellung zeigt dies alles noch besser und überdies auch, dass am besten ein Krümmungsradius des Parallels entspricht, der um ca. 300 *km* grösser als derjenige nach Bessel und um 800 *km* kleiner als derjenige nach Clarke ist.

Diese Thatsache, dass der Parallelbogen in 52° Breite vom Meeresstrande ab bei seinem Eindringen in den europäischen Kontinent auf 56 Längengrade eine stärkere Krümmung besitzt als das Clarke'sche Ellipsoid von 1880, das bis jetzt den anderen grossen Gradmessungen am besten genügte, deutet auf einen bemerkbaren Einfluss der europäischen Kontinentalmasse auf die Figur des Geoids hin.

Dieselbe würde demnach durch Defekte in der Erdkruste nur zum Teile kompensiert sein."

Zu demselben Schlusse war Prof. Helmert schon 1890 in Freiburg auf Grund der rechnerischen Verbindung der russisch-skandinavischen mit der französisch-englischen Gradmessung durch die Herren Börsch gelangt.

Die merkwürdig grosse Abweichung des Lotes, welche auf der Strecke Orenburg-Orsk eintritt, fordert zu erneuten und erweiterten Operationen in jenen Gegenden umsomehr auf, als die geodätischen Messungen im östlichsten Teile des Parallelbogens zufolge der bei den Basisanschlüssen hervortretenden grossen Differenzen eine grössere Unsicherheit zu besitzen scheinen. In erster Linie würde Prof. Helmert eine Wiederholung der Basismessung von Orsk empfehlen und, falls diese Basis nicht mehr vorhanden ist, die Wiederholung des ganzen Bogens Orenburg-Orsk.

II. Lotabweichungen in Breite in Indien.

Charakter	Anzahl	Mittel-Breite	Everest	Clarke	Bemerkungen
		° ′	″	″	
Positive Gruppe	15	9 39	+ 2.4	+ 1.9	Die Stationen liegen hauptsächl. auf den verschiedenen grossen Meridianbögen im Inneren von Vorderindien.
±	12	14 10	+ 0.4	— 0.2	
Negative Gruppe	15	16 22	— 3.4	— 3.9	
do.	14	19 41	— 5.8	— 6.2	
+	13	23 26	+ 1.2	+ 1.1	
Kaliánpur	1	24 7	0	0	Angenommener Nullpunkt.
±	21	26 0	+ 0.3	+ 0.6	
±	7	30 15	— 1.1	— 0.2	H = 250 *m*, noch entfernt vom Himalaya.
Negative Gruppe	2	28 11	— 8.3	— 7.7	H = 160 *m*, etwas näher.
do.	3	29 23	— 8.7	— 7.9	H = 250 *m*, do.
do.	4	30 24	— 33.9	— 23.0	H = 1500 *m*, im Mittel. Gruppe nahezu gleich. Lotabw. am Abhange des Gebirges bei Dehra.
±	3	33 56	— 0.7	+ 1.0	H = 2500 *m*. Gruppe sehr verschiedener Lotabw. im Gebirge bei Kashmir.

Tabelle II zeigt die Lotabweichungen in Breite für Indien nach dem oben erwähnten Bd. 11, p. 1055—56 und 5—32. Die Lotabweichungen für die in den Jahren 1805—1885 zum Teile mehrmals astronomisch bestimmten 110 Orte sind in Tabelle II der Übersicht wegen zu Gruppen vereinigt worden. Als Referenzellipsoid wurde dasjenige von Everest benutzt, welches demjenigen von Bessel ziemlich nahekommt. Ausserdem hat Prof. Helmert die Abweichungen noch für Clarke's Ellipsoid von 1880 abgeleitet:

„Hiernach entsprechen die Ellipsoide von Clarke und Everest (und also auch das von Bessel) nahezu gleich gut.

Die Lotabweichungen am Gebirgsfusse sind, wie nach dem Ergebnisse der Pendelmessungen zu erwarten war, geringer, als man nach der ungeheuren Massenhaftigkeit der Gebirge Zentralasiens erwarten müsste. Bemerkenswert ist die Gleichmässigkeit der Abweichungen in breiten Zonen."

Für den Alpenübergang München-Brenner-Mantua giebt Oberstlieutenant v. Sterneck gegen München als Ausgangspunkt die Lotabweichungen für 9 Orte auf der Nordseite und für 18 Orte auf der Südseite der Alpen. Die Annahme, dass die Lotabweichung in München Null sei, entspricht sehr gut Prof. Helmert's Untersuchung von 1887. Die maximale Erhebung des Geoids über das durch diese Annahme hinlänglich definierte Ellipsoid beträgt nach v. Sterneck von München bis in die mittlere Alpenregion gegen 5 *m*. Im ersten Bande seiner höheren Geodäsie, p. 573, fand Prof. Helmert 1880 aus einem weniger umfangreichen Materiale 6 *m*, in guter Übereinstimmung.

„Berechnet man," sagt er, „aus den sichtbaren Massen der Alpen unter der zulässigen Annahme, dass sie durch ein sehr langes, gleichschenkeliges Prisma von 2000 *m* Höhe und 200 *km* Breite mit der Dichtigkeit 2.5 dargestellt werden, so findet man die maximale Erhebung von München oder Mantua aus gleich 13 *m*. Hiernach muss reichlich die Hälfte der sichtbaren Alpenmassen durch unterirdische Defekte kompensiert sein, was mit dem Ergebnisse der Schweremessungen des Oberstlieutenants v. Sterneck auf der in Rede stehenden Linie übereinstimmt."

Lotabweichungen in der Westschweiz. Nach Abschluss des Dreiecknetzes für die Gradmessung in der Schweiz liess die schweizerische geodätische Kommission auf einer Anzahl von Dreieckspunkten Polhöhen und Azimute messen, um zu untersuchen, welche Abweichungen die Richtung der Lotlinie im Gebirge erfährt. Dr. Messerschmitt macht über die bis jetzt gewonnenen Ergebnisse dieser Untersuchungen Mitteilungen[1]). Die Stationen zeigen in der That in den Lotabweichungen eine starke Anziehung des Jura und der Alpen. „Man erkennt ferner das Vorherrschen der Anziehung des Alpenmassives über die des Jura, wie es auch angesichts der

[1]) Astron Nachr. Nr. 3187.

grösseren Massen sein muss. Ausserdem wird das Terrain allmählich gegen die Alpen hin höher, ebenso nehmen die Lotablenkungen in grösseren Zwischenräumen langsam in der gleichen Richtung zu. Nach dem Jura zu hingegen, der ja auch ziemlich steil und ohne bemerkenswerte vorliegende Erhöhungen sich aus der Ebene erhebt, wachsen sie rasch in kurzen Abständen an. Es zeigt sich dies sehr gut, wenn man die Lotabweichungen in Breite (oder auch die gestörten Zenithe) längs dem Meridiane von Neuenburg verfolgt, auf welchem die 5 Punkte Chaumont, Neuenburg, Portalban, Middes und Naye liegen. In der Breite von etwa 46° 54′ ist sie Null. Zwischen Middes, südlich davon, wo die Anziehung der Alpen (+ 5″) noch bemerkbar ist, und dem um 15 *km* nördlich gelegenen Portalban nimmt sie auf —1″ ab, so dass hier, am südlichen Ufer des Neuenburger Sees, schon der Einfluss des Jura erscheint. Bei dem um 18 *km* weiter nördlich gelegenen Neuenburg erreicht sie — 12″ und noch um 4 *km* nördlicher auf Chaumont — 14″, um dann weiter nach Norden zu wieder langsam abzunehmen. Die Zunahme der Lotablenkung von Neuenburg nach Chaumont bietet nichts Auffälliges, da die letztere Station auf der ersten Jurakette, und zwar nicht ganz auf dem Gipfel des Berges, sondern um 150 *m* tiefer liegt. Ganz naturgemäss müssen die Lotstörungen auf der Südseite des Chaumont, welcher sich ziemlich steil aus der Ebene erhebt, bis zu einer gewissen Höhe des Berges noch rasch zunehmen, da einerseits die Entfernungen von den Alpen grösser, also deren Wirkung kleiner, andererseits aber ganz besonders auch die Annäherung an die störende Juramasse immer grösser, also deren Anziehung stärker wird. Auf dem Gipfel des Chaumont würde sie wohl bereits etwas schwächer gefunden werden. Auf der zweiten Jurakette, auf Chasseral und der Tête de Rang beträgt sie dann noch — 7″, welcher Betrag nicht zu verwundern ist, wenn man die weite, hochplateauartige Ausdehnung des Jura nach Norden und Westen hin in Betracht zieht. Auch sonst verlaufen die Lotabweichungen gemäss der Bodengestalt, wie es sich besonders deutlich bei Verfolgung der Lotablenkungen in Breite ergiebt.

Man kann das Resultat dieser Untersuchungen dahin zusammenfassen (und die weiteren bisher angestellten Beobachtungen bestätigen dies), dass der Verlauf der Lotabweichungen in dem untersuchten Gebiete der Schweiz zwischen dem Jura und den Alpen in guter Übereinstimmung mit der daselbst vorhandenen Massenverteilung ist."

Neue Untersuchungen über die Schwereverhältnisse in Norddeutschland und Österreich-Ungarn. Oberstlieutenant v. Sterneck hat die Resultate dreier grösserer Arbeiten aus dem Jahre 1892, relative Schwerebestimmungen betreffend, veröffentlicht[1]).

[1]) Mitteil. d. k. k. militär-geogr. Instituts 1892. 12. Wien 1893. Der Bericht oben im Texte nach dem ausführlichen Referate in den Mitteil. d. k. k. geogr. Gesellsch. in Wien 1893. Heft 7. p. 451 u. ff.

Diese Arbeiten sind folgende:

1. Ausführung relativer Schwerebestimmungen in Berlin, Potsdam und Hamburg im Juli 1892.

2. wurden die Schwereverhältnisse längs der Nivellementslinie Wien-Graz erforscht. Die Operation erstreckte sich über zwei Linien, welche sich im Wiener Tertiärbecken nahezu unter einem rechten Winkel schneiden und wesentlich verschiedene Terrains und geologische Gebiete durchziehen. Die längere derselben, welche im allgemeinen von Süd nach Nord verläuft, beginnt mit Station Gralla (westlich von der astronomischen Station Hochstradenkogel in Steiermark), folgt dem Mur- und Mürzthale, überschreitet den Semmering, durchschneidet das Wiener Tertiärbecken und endigt nördlich von Wien mit der astronomischen Station Hermannskogel. Diese Linie ist 240 *km* lang und enthält 28 Stationen, dieselben sind im Durchschnitte ca. 9 *km* von einander entfernt. Die zweite Linie beginnt unmittelbar am Neusiedlersee mit der Station Purbach, überschreitet das Leithagebirge, durchquert das Wiener Becken in nordwestlicher Richtung und endigt mit der auf dem höchsten Gipfel des Wiener Waldes gelegenen astronomischen Station Schöpfl. Diese Linie ist etwa 70 *km* lang und enthält 8 Stationen, die also auch ca. 9 *km* von einander entfernt sind.

Der theoretisch von den Veränderungen der Schwerkraft herrührende Einfluss auf das Resultat eines von Graz nach Wien über den Semmering geführten Nivellements betrug 75 *mm*, auf den sphäroidischen Anteil entfielen 54 *mm*, mithin ist der Einfluss der Schwerestörungen auf das Nivellement 21 *mm*, demnach sehr unbedeutend, aber ebenso gross wie er bei dem Übergange über die Alpen gefunden wurde. Selbstverständlich ist derselbe aus mehreren Gründen nicht auf einzelne Millimeter genau.

Die Lotablenkungen sind sowohl der Grösse als dem Vorzeichen nach sehr verschieden. Es scheinen in dem engen, vielfach gewundenen Thale, längs welchem die Strecke verläuft, die lokalen Einflüsse der nächstgelegenen Massen vorzuherrschen. Nur auf dem südlichen, besonders aber auf dem nördlichen Abhange des Semmering zeigt sich eine Regelmässigkeit, welche auf eine vom Gebirge ausgeübte Attraktion hinweist.

Aus den Lotabweichungen kann man den Abstand des Geoides vom Sphäroide nach einer einfachen Formel bestimmen. Es ergab sich, dass sich beim Vorschreiten von Süd nach Nord das Geoid unter das Ellipsoid senkt, von Wildon bis Frohnleiten wächst der Abstand beider Flächen bis zu einem Meter an, verringert sich bis zum Semmering auf die Hälfte und nimmt dann wieder stetig zu, so dass er in der Nähe von Wien anderthalb Meter beträgt. Im allgemeinen kann konstatiert werden, dass das Geoid in der Gebirgsgegend gegenüber der mehr ebenen Gegend im Wiener Becken eine Erhebung zeigt, ein Resultat, welches mit dem früher für die Alpen und anderwärts gefundenen übereinstimmt.

Die beobachtete Schwere wird von der Attraktion der umgebenden Massen beeinflusst, die Resultate wurden in dieser Hinsicht korrigiert, und es fand sich, dass die Schwere im Süden bis Graz zu gross, dann bis Spital, also nahezu bis zum Semmering, wieder zu klein und endlich wieder zu gross ist. Auf der Linie Neusiedlersee—Schöpfl ist sie durchweg zu gross.

Aus der Abweichung der Schwerkraft von ihrem normalen Werte lässt sich die Grösse der Massenunregelmässigkeiten bestimmen.

Werden die Gegenden mit Massendefekten als zu den ursprünglichen Formen, jene mit Massenanhäufungen als zu den Senkungsgebieten gehörend betrachtet, so findet sich südlich von Graz ein Senkungsgebiet. Dasselbe dürfte im Süden durch das Bachergebirge einen Abschluss finden, und es scheint sich gegen Osten nicht nur nach Ungarn fortzusetzen, sondern auch zu erweitern.

Nördlich von Graz geht man bei den Stationen Graz und Gratwein aus dem Senkungsgebiete mit Anhäufungen in ursprüngliche Formen mit Massendefekt über. Dieser Defekt reicht bis zu den Stationen Spital und Semmering und erreicht im Südabhange des Semmering sein Ende. Der Defekt unter dieser Strecke ist verhältnismässig gering und entspricht einem Hohlraume von nur 200 bis 300 *m* Mächtigkeit. Man kann vielleicht annehmen, dass dieser Defekt der östliche Ausläufer jenes grossen Defektes ist, der früher unter den Alpen konstatiert wurde.

Vom Semmering bis Wien befinden wir uns wieder über einem Senkungsgebiete, zu welchem sowohl das Steinfeld als auch das eigentliche Wiener tertiäre Becken zu rechnen sind. Besonders in der Gegend von Baden bei Traiskirchen und Biedermannsdorf erreicht die Massenanhäufung eine grosse Mächtigkeit (gleich einer Steinplatte von 490 *m*, resp. 750 *m* Mächtigkeit). Hier wird diese Linie von der Strecke Neusiedlersee — Schöpfl durchquert, und es zeigt sich deutlich, dass die Massenanhäufung nach Ungarn hin an Mächtigkeit zunimmt. In der östlichsten Station am Ufer des Neusiedlersees erreicht sie die grösste bisher gefundene Mächtigkeit; dieselbe würde der Masse einer Steinplatte von mehr als 1000 *m* Dicke gleichkommen.

Jedenfalls gehören auch die Gebirge des Wiener Waldes (Kreideformation) einem Senkungsgebiete an, doch scheint hierbei die Höhe der Gebirge nur von untergeordnetem Einflusse zu sein.

3. Relative Schwerebestimmungen längs der Nivellementlinie von Galizien über die Karpathen und in der nordungarischen Tiefebene wurden im August und September 1892 vorgenommen. Diese Arbeit umfasste 2 Teile: zunächst eine Linie, welche, von Lemberg ausgehend, sich in der galizischen Ebene gegen Süden über Stryj hinzieht, dann längs des Oporflusses die Nordseite der Karpathen ersteigt, auf der Südseite derselben bei Munkacs in die nordungarische Ebene gelangt und sich hier bis Nyiregyháza erstreckt. Diese Linie

ist 300 *km* lang, umfasst 27 Stationen und wurde in der Zeit vom 9. bis 27. August beobachtet.

Die zweite viel längere Linie (540 *km*, 37 Stationen) durchquert die nordungarische Tiefebene von NW gegen SO. Sie beginnt in dem ungarischen Erzgebirge bei der hohen Tatra mit der Station Dobschau und erreicht die Ebene bei Tokaj, zieht sich dann über Nyireghâza, Debreczin nach Grosswardein, überschreitet die nördlichen Ausläufer des Bihargebirges bei Bánffy-Hunyad, erreicht bei Klausenburg das siebenbürgische Hochland, Mezöség genannt, welches sie durchsetzt, und findet bei Maros-Vásárhely, nahe dem östlichen Randgebirge, ihr Ende. Zur Beobachtung derselben wurden 23 Tage (28. August bis 19. September incl.) benötigt.

Durch diese Linien sind wesentlich verschiedene Gegenden bezüglich der Schwere durchforscht worden. Die dadurch erhaltenen Aufschlüsse sind von um so grösserem Werte, als der Umfang unseres Wissens über das Verhalten der Schwerkraft auf der Erdoberfläche noch sehr gering ist.

Der Einfluss, den die Veränderung der Schwerkraft längs der Strecke Lemberg — Grosswardein auf das Ergebnis des Nivellements bewirkte, beträgt theoretisch 15 *mm*, der sphäroidische Anteil an diesem Betrage ist 54 *mm*, der Einfluss der Schwerestörungen auf das Nivellementsergebnis beträgt mithin — 39 *mm*; der Gesamteinfluss der Schwere ist mithin kleiner als der sphäroidische Anteil; die Schwerestörungen wirken also in einem dem letzteren Anteile entgegengesetzten Sinne.

Den Karpathen fällt hierbei nur ein sehr geringer Einfluss zu, wesentlich kommt aber die Ebene in betracht, und es ist bemerkenswert, dass die Korrektion, welche das Nivellement von Grosswardein nach Lemberg wegen der Schwerestörungen erhalten musste, mehr als doppelt so gross ist als die Korrektion beim Nivellement über die Alpen (18 *mm*).

Wie bei den Alpen zeigten auch hier die Lotablenkungen, dass die attrahierende Wirkung der sichtbaren Gebirgsmasse nicht weit reicht. Der Einfluss der Karpathen zeigt sich im Norden erst bei Station 8 (Lubieńce), erreicht bei Nr. 13 (Slawsko) sein Maximum und behält sein Vorzeichen noch am ganzen Südabhange der Karpathen bis Nr. 17 (Vócsi). Erst hier tritt Zeichenwechsel ein.

Doch scheinen die nun folgenden negativen Werte gar nicht oder doch nur zum Teile von der attrahierenden Wirkung der Karpathen, sondern von einer regionalen Lotstörung herzurühren, welche sich weit gegen Süden erstreckt.

Sehr auffallend erscheint der Verlauf des Geoides. Gleich hinter Lemberg senkt sich das Geoid unter das Sphäroid und bleibt auf der ganzen Strecke unter diesem. Bei Lubieńce beträgt der Abstand beider Flächen bereits 2 *m*; nun beginnt die Masse des Gebirges zu wirken, die Geoidfläche hebt sich, ihr Abstand von dem Sphäroide verkleinert sich, bei Vócsi erreicht das Geoid seine

grösste Höhe, es erreicht nahezu das Sphäroid (73 *mm* Abstand); von hier gegen Süden senkt sich das Geoid wieder kontinuierlich, bei Grosswardein ist es bereits 3.5 *m* unter dem Sphäroide. Die Senkung des Geoides erreicht hier also nahezu denselben Betrag wie die Erhebung des Geoides über das Sphäroid in den Alpen. Wir haben es hier augenscheinlich mit einem sehr ausgedehnten Störungsfelde zu thun, und es erscheinen die durch die Gebirge bewirkten Störungen im allgemeinen gering im Vergleiche zu den grossen regionalen Störungen.

Es ergiebt sich ferner, dass unter der galizischen Ebene ein Massendefekt von etwa 400 *m* sich befindet, welcher unter dem nördlichen Abfalle der Karpathen bis auf nahezu 600 *m* ansteigt und zwischen den Stationen Sławsko und Lawoczne plötzlich verschwindet. Lawoczne zeigt schon Massenanhäufung. Es beginnt das grosse Senkungsgebiet, dem nicht nur der grösste Teil von Ungarn, sondern auch der Kamm und Südabhang der Karpathen anzugehören scheint. Am Südfusse der Karpathen bei Szolyva am Latorcaflusse erreicht die Massenanhäufung ihre grösste Mächtigkeit, etwa 600 *m*, behält dieselbe ohne wesentliche Änderungen in der nordungarischen Tiefebene von Munkacs über Strabicsó und Bátyú bis Tuzsér und verringert sich gegen Nyiregyháza auf die Hälfte, etwa auf 200—300 *m*.

Die Theiss umfliesst die Gegend in weitem Bogen, auf welchem sich die Stationen Bátyú bis Nyiregyháza befinden. Dieselben liegen gewissermassen auf einer Halbinsel. Es scheint der Lauf der Theiss und wahrscheinlich auch jener der anderen Flüsse in einem Zusammenhange mit der Grösse der Schwere, bezw. mit der Mächtigkeit der Massenanhäufungen zu stehen. Die Stationen, welche in den Niederungen der Theiss und des Körösflusses liegen, weisen eine grössere Schwere auf als die Stationen auf dem dazwischen liegenden Terrain.

Auf der Strecke Dobschau—Maros-Vásárhely zeigt sich zunächst bei Dobschau eine kleine Massenanhäufung, welche wahrscheinlich etwas nördlich von Dobschau ihr Ende erreichen und unter dem ungarischen Erzgebirge und der hohen Tatra in einen Massendefekt übergehen wird, da diese Gebirge primären Formen angehören.

Gegen Süden finden wir bei Tornalja, Bánréve, Vadna eine grosse Massenanhäufung von etwa 600 *m* Mächtigkeit. Es ist dies die Gegend von Tornalja im Sajothale mit den interessanten, höhlenreichen Kalkplateaus.

Auf der Wasserscheide zwischen dem Körös- und Szamosflusse treffen wir einen Massendefekt angedeutet. Wir befinden uns hier auf einem nördlichen Ausläufer des Bihargebirges, welches vorzüglich primären Formationen angehört, unter welchen stets Massendefekte vorhanden sind.

Unter dem siebenbürgischen Hochlande, dem sogenannten Meszöség, zeigt sich trotz der hohen Lage dieser Gegend eine Massen-

anhäufung. Allem Anscheine nach findet dieselbe östlich von Maros-Vásárhely in dem Görgény- und Csikgebirge ihr Ende, indem die Mächtigkeit der Anhäufungen gegen Osten abnimmt. In diesem Falle wäre die konstatierte Massenanhäufung durch Massendefekte unter dem Bihar- und Csikgebirge begrenzt. Da sämtliche Randgebirge Siebenbürgens der primären Formation angehören, so kann man schliessen, dass hier eine Massenanhäufung von Massendefekten eingeschlossen wird.

Die galizische und bayerische Ebene einerseits, das Tertiärbecken von Wien und das siebenbürgische Hochland andererseits sind nahezu gleich hoch gelegen, und doch sind unter den zwei ersteren, welche der primären Formation zugezählt werden können, Massendefekte, unter den letzteren hingegen Massenanhäufungen vorhanden. Ganz analoge Verhältnisse zeigen auch die Schwerebestimmungen in Böhmen.

Innerhalb der Senkungsgebiete sind es die tiefsten Stellen, wo die grösste Schwere angetroffen wird, z. B. der Neusiedlersee und die oben erwähnten Flussniederungen.

Hingegen scheint die Verteilung der Massendefekte mit den sichtbaren Massen nicht im Einklange zu stehen, da die Maxima der ersteren nicht mit jenen der Bodenerhebungen übereinstimmen; es scheint vielmehr überall eine gegenseitige Verschiebung vorhanden zu sein, wie dies schon 1891 bezüglich der Alpen konstatiert wurde.

Schwerebestimmungen im hohen Norden hat, einer Aufforderung des französischen Marineministeriums folgend, der österreichische Linienschiff-Lieutenant A. Gratzl, als Mitglied der französischen Expedition des Aviso „Manche“, im Sommer 1892 ausgeführt. Einen ausführlichen Bericht über diese Untersuchungen gab Oberstlieutenant von Sterneck[1]).

Als Instrument diente ein Sterneck'scher Pendelapparat, und wurden im Laufe von etwa 2 Monaten an 4 Punkten sehr genaue Bestimmungen erhalten.

Die Ergebnisse sind in folgender Tabelle enthalten, wobei zu bemerken ist, dass der theoretische Wert γ_0 derjenige ist, welcher sich aus den jetzigen Annahmen über die Verteilung der Schwerkraft auf der Erdoberfläche ergiebt nach der Helmert'schen Formel:

$$\gamma_0 = 9.7800\ (1 + 0.005\,310 \sin^2 \varphi)$$

verglichen.

Nachstehende Tabelle ergiebt, dass die aus der Beobachtung hergeleiteten Werte g_0 von dem theoretischen Werte nicht unbedeutend abweichen. Solche Abweichungen sind bis jetzt fast überall, wo derartige Beobachtungen angestellt wurden, gefunden worden. In den Alpen ist $g_0 - \gamma_0 = -130$, auf der bayerischen Hochebene

[1]) Mitteil. d. k. k. militär-geogr. Institutes 12. 1892. Mitteil. d k. k. Geogr. Gesellsch in Wien 1893. Heft 7. p. 448.

—70, in der galizischen Ebene —50; hingegen in der Poebene + 70, in der ungarischen Tiefebene + 60.

Station	φ	Höhe H in Metern über dem Meere	Beobachtete Schwere g m	Reduktion von g: Wegen der Höhe H (In Einheiten der 5. Dezimale von g)	Reduktion von g: Wegen des Terrains und d. Stat. (In Einheiten der 5. Dezimale von g)	Schwere im Meeresniveau: beobachtet g_0 m	Schwere im Meeresniveau: theoretisch γ_0 m	Differenz $g_0 - \gamma$	Länge d. Sekundenpendels im Meeresniveau mm
Edinburgh .	55° 57′ 23″	104	9.81600	+ 32	— 11	9.81621	9.81565	+ 56	994.590
Jan Mayen .	70° 59′ 48″	11	9.82856	+ 3	— 1	9.82858	9.82643	+ 215	995.844
Spitzbergen	78° 28′ 27″	52	9.82878	+ 16	— 5	9.82889	9.82986	— 97	995.876
Tromsö . . .	69° 36′ 0″	3	9.82581	+ 1	0	9.82582	9.82562	+ 20	995.564

Als Ursache der negativen Abweichungen nimmt man Massendefekte, als Ursache der positiven Massenanhäufungen an. Die Erklärung der Entstehung dieser Defekte und Anhäufungen wird, wenn einmal genügendes Material vorhanden sein wird, der Geologie zufallen. Vorderhand stellt man sich die Massendefekte als Hohlräume in der Erdkruste vor, für welche man eine blasige Struktur annimmt. Die Massenanhäufungen kann man sich dann durch Senkungen entstanden denken. Je mehr sich eine Gegend eingesenkt hat, desto weniger Hohlräume werden unter derselben vorhanden sein. Infolge dessen werden Erdschichten unter einem Senkungsgebiete eine grössere Dichte besitzen als unter Gegenden, wo Senkungen gar nicht oder nur in geringem Masse stattgefunden haben, z. B. unter den Kontinenten im Gegensatze zu den Meeresgebieten.

Edinburgh und Tromsö können wir demnach als über Senkungsgebieten liegend betrachten, während Spitzbergen ein mehr kontinentaler Charakter beizulegen wäre. Als besonders bedeutende Senkungsgebiete sind die Meere (beziehungsweise der Meeresboden) zu betrachten, daher werden auch die Erdschichten unter dem Meeresboden eine verhältnismässig grosse Dichte haben. Wird nun der Meeresgrund durch vulkanische Kräfte bis über die Meeresoberfläche emporgehoben, so befinden wir uns auf einer derartigen Insel unmittelbar über Schichten von sehr grosser Dichte und finden demgemäss die Schwere auf derselben ganz besonders gross. Dieser Fall findet auf der Insel Jan Mayen statt, deren vulkanischer Charakter bekannt ist. Der auffallend grosse Wert von $g_0 - \gamma_0$ wäre durch obige Hypothese erklärt.

Die unter Jan Mayen befindliche Massenanhäufung würde einer Steinplatte von etwa 2000 *m* Dicke gleichkommen, während diese Platte unter der Poebene etwa 700 *m*, unter der ungarischen Tiefebene 600 *m*, am Neusiedlersee 1000 *m* dick sein müsste, um die Schwerestörungen zu erklären. Der Massendefekt unter Spitzbergen

würde einem Hohlraume von 1000 *m* Mächtigkeit entsprechen, während jener unter den Alpen etwa 1300 *m*, jener unter der galizischen Ebene 500 *m* beträgt.

Tägliche Schwankungen der Schwere glaubt Mascart nachgewiesen zu haben [1]). Der von ihm zu den Beobachtungen benutzte Apparat besteht aus einer Barometerröhre, die eine Quecksilbersäule von 4.5 *m* enthält. Die Quecksilbersäule wird durch den Druck einer in einem Seitenreservoire enthaltenen Wasserstoffmenge im Gleichgewichte gehalten. Der ganze Apparat ist im Boden eingegraben mit Ausnahme einer kurzen Quecksilbersäule am oberen Teile. Das Niveau der Flüssigkeit wird an einer seitlichen Teilung abgelesen, deren Bild sich in der Axe der Röhre reproduziert; die Ablesungen können bis auf 0.01 *mm* genau gemacht werden. Die direkten Beobachtungen zu verschiedenen Tagesstunden ergaben nur einen kontinuierlichen Gang, der meist von den unvermeidlichen Änderungen der Temperatur herrührt. Die photographische Registrierung aber führte zu Kurven, welche bei 20-facher Vergrösserung sehr deutlich erkennen lassen, dass in der Regel das Niveau einen ziemlich regelmässigen und sehr langsamen Gang zeigt, der von den Änderungen der Temperatur abhängt, dass jedoch einige Tage plötzliche Unregelmässigkeiten zu sehen sind, deren Dauer von 15 Minuten bis 1 Stunde schwankt, und die nur durch entsprechende Schwankungen der Schwere zu erklären sind. Diese Unregelmässigkeiten können $^1/_{20}$ *mm* erreichen und sogar übertreffen, was einer Änderung um $^1/_{90000}$ pro Tag entspricht, vorausgesetzt, dass sie den ganzen Tag anhalten. Zum Vergleiche führt Mascart an, dass, wenn die Niveaudifferenz zwischen Flut und Ebbe 10 *m* beträgt, diese Flüssigkeitsschicht in dem lokalen Werte der Schwere eine Änderung um $^1/_{500.000}$, d. h. eine fünfmal kleinere als die obige hervorbringen würde.

Ob der Mascart'sche Apparat wirklich für so feine Untersuchungen geeignet ist, möge dahingestellt bleiben.

Die Verteilung der Schwere an der Oberfläche der Erde auf Grund der französischen Bestimmungen seit 1884 hat Kommandant Defforges zum Gegenstande einer Abhandlung gemacht, welche der Pariser Akademie vorgelegt wurde [2]). Hiernach sind 8 Bestimmungen der absoluten Intensität mit Brunner'schen Pendeln, 26 relative Bestimmungen und 7 Bestimmungen nach verschiedenen Methoden ausgeführt worden, zusammen 41 Messungen an 35 Stationen. Die folgende Tabelle enthält die Ergebnisse, bezogen auf Paris (Observatorium) und reduziert auf das Meeresniveau.

---

[1]) Compt. rend. **116.** p. 163.
[2]) Ciel et Terre 1893. Nr. 13. p. 309.

Name der Station	Breite	Höhe	Schwere
Edinburgh (Leeth Forth) . . .	62° 17′	21 m	9m81680
Greenwich	57 20	48	81263
Leyden	57 94	2	81319
Dünkirchen (Rosendael) . . .	56 72	20	81230
Brüssel (Uccle)	56 56	102	81188
Lihons	55 37	106	81115
Paris	54 26	60	81012
Lyon (Saint-Genis-Laval) . . .	50 76	286	80739
Marseille	48 11	61	80550
Boston	47 43	20	80574
Corte	47 00	605	80481
Ajaccio	46 57	6	80454
Algier	40 83	213	80002
Medeah	40 30	930	79870
Boghar	39 91	927	79792
Laghouat	37 55	755	79549
Rivesaltes	47 50	25	80487
Pratz do Mollo	47 11	40	80372
Port-Vendres	47 61	25	80514
Pic du Midi de Bigorre . . .	47 70	2.877	80390
Montlouis	47 24	1.620	80327
Bellegarde	47 19	420	80465
Philippeville	41 09	20	80021
Col des Oliviers	40 67	420	79935
Constantine	40 41	655	79864
Ouled Rhamoun	40 19	687	79890
Aïn Yagout	39 76	890	79787
Batna	39 50	1 050	79712
El Kantara	39 13	525	79686
Biskra	38 72	137	79698
Nizza (génie)	48 72	21	80617
Nizza (Observatorium)	48 57	367	80605
Barbonnet	47 98	833	80586
Peyracava	48 48	1.420	80537
Desierto de las Palmas	44 54	728	80166

Defforges hat seine Messungen mit den früheren von Biot, Kater, Albrecht u. a. verglichen, alles auf ein gemeinsames System reduziert und kommt zu folgenden Ergebnissen: Die Schwere ist sehr ungleichförmig an der Erdoberfläche verteilt. Das Clairaut'sche Theorem lässt sich fast überall durch merkliche Anomalien in den beobachteten Werten erkennen. An den Gestaden der einzelnen Meere zeigt die Schwere nur schwache Unregelmässigkeiten, die für die einzelnen Gestade konstant und in diesem Sinne charakteristisch sind. Auf den Inseln wird ein beträchtlicher Überschuss über die normale Schwere gefunden. Auf den Kontinenten findet das Umgekehrte statt, und die Abnahme erscheint proportional der Höhe und dem Abstande vom Meere.

Die Anomalien der Schwere sind positiv auf Spitzbergen, in Schottland und auf Korsika, negativ in Frankreich und Algier.

Die kontinentalen Anomalien wachsen genau mit der Höhe und dem Abstande vom Meere. Diese Abweichungen sind nicht in Anomalien der Erdgestalt, sondern in geologischen Verhältnissen begründet.

Die Abnahme der Schwere mit der Höhe. Dr. F. Richarz und Dr. O. Krigar-Menzel haben nach der Methode der Wägungen die Abnahme der Schwere mit der Höhe festgestellt[1]). Das Prinzip der Methode ist a. a. O. wie folgt angegeben. An jede der beiden Schalen einer gewöhnlichen Wage ist vermöge einer Stange von rund 2 *m* Länge eine andere Schale angehängt. Zunächst sei diese „Doppelwage" frei aufgestellt. Die Beschleunigung durch die Schwere hat am Orte der oberen Wagschalen einen kleineren Wert als am Orte der unteren. In idealer Ausführung der Methode werden 2 Wägungen gemacht; bei der ersten befinden sich die beiden nahezu gleichen Massen auf den Wagschalen links oben, beziehungsweise rechts unten; bei der zweiten Wägung ist die Masse links von oben nach unten, die rechts von unten nach oben gebracht worden. Bei der zweiten Wägung ist also gegenüber der ersten die Masse links schwerer, die Masse rechts leichter geworden, und die Differenz der beiden Äquilibrierungen ergiebt daher die doppelte Abnahme des Gewichtes mit der Höhe.

Ist die „Doppelwage" nicht frei aufgestellt, sondern befindet sich zwischen ihren oberen und unteren Schalen eine schwere Masse, etwa ein Bleiklotz, so superponieren sich dessen Gravitationswirkung und die Schwere. Am Orte der oberen Wagschalen wirken Schwere und Attraktion des Bleiklotzes in gleicher Richtung, am Orte der unteren Wagschalen in entgegengesetzter. Zwei ideale Wägungen mit denselben Stellungen der zu äquilibrierenden Massen wie oben ergeben daher bei Berücksichtigung der aus den vorhergehenden Versuchen bekannten Abnahme der Schwere mit der Höhe die vierfache Attraktion des Bleiklotzes.

Die Möglichkeit einer Ausführung dieses Planes hing in erster Linie von der Beschaffung der erforderlichen Metallmasse ab. Das Königlich preussische Kriegsministerium erklärte sich in entgegenkommendster Weise bereit, das gewünschte Bleiquantum von etwa 100 000 *kg* aus den Beständen der Geschützgiesserei in Spandau zur unentgeltlichen Benutzung zu überlassen. Es erschien wünschenswert, einen weiten Transport dieser grossen Masse zu vermeiden; nach Rücksprache mit der Königlichen Fortifikation wurde daher eine der erdgedeckten Kasematten in der Zitadelle von Spandau als geeignetes Arbeitslokal ausgewählt und vom Königlichen Kriegsministerium für die Versuche überwiesen.

Auf die Anordnung der Apparate und die Methode der Wägungen kann hier nicht eingegangen werden, es muss genügen, die Resultate mitzuteilen. Vom September 1890 bis Juni 1892 gelang

---

[1]) Sitzungsber. d. K Preuss. Akademie zu Berlin 1893. **14.** p. 163.

es, 26 befriedigende Bestimmungen und 33 etwas minderwertige Ergebnisse zu erhalten. Die ersteren ergaben für die doppelte Gewichtsabnahme eines Kilogramms bei einer Höhendifferenz von 2.26 *m* folgenden Wert in Milligrammen. Gewicht: 1.2610 $\pm$ 0.0021. Das Gesamtmittel aus allen Beobachtungen ist: 1.2592 $\pm$ 0.0020. Daraus folgt die Differenz der Schwere am Orte der oberen und unteren Wagschale = $0.0_5 6523 \frac{m}{sec^2}$.

Unter der Voraussetzung, dass die Erde eine Kugel ist und in konzentrischen Schichten gleiche Dichte besitzt, erhält man rechnungsmässig jene Differenz zu $0.0_5 697 \frac{m}{sec^2}$. Der beobachtete Wert ist also erheblich kleiner als der berechnete. Eine Abweichung in demselben Sinne haben auch bei den früheren Bestimmungen der Abnahme der Schwere mit der Höhe Jolly und Thiesen gefunden. Bei obigen Versuchen war aber auch die Voraussetzung der theoretischen Berechnung, dass man sich ausserhalb der Erde befinde, durchaus nicht erfüllt; die zwischen dem Niveau der oberen und dem der unteren Schalen befindlichen Teile der Gewölbe und der Erdmassen des Bastions müssen durch ihre Gravitationswirkung die Differenz der Schwere zwischen den unteren und oberen Schalen ganz erheblich vermindern. Übrigens kann im allgemeinen jene Abweichung des beobachteten und berechneten Wertes von $g_u - g_o$ auch darin ihre Ursache haben, dass unterhalb des Beobachtungsortes sich Schichten des Erdkörpers von abnorm geringer Dichtigkeit befinden.

Die Anschauungen über den Zustand des Erdinneren sind Gegenstand einer historisch-kritischen Studie von Prof. S. Günther gewesen [1]). Er kommt zu dem Ergebnisse, dass, wie gering auch in grösserer Tiefe der Gradient der zunehmenden Wärme angenommen werden möge, doch in einem gewissen Abstande vom Erdmittelpunkte die Hitze eine so grosse sein müsse, dass keiner der uns bekannten irdischen Stoffe dortselbst mehr in anderem als dem überkritisch-gasförmigen Zustande zu bestehen vermag. Wenn aber dem so ist, so müssen wir einen internen Hohlraum von nicht ganz unbeträchtlichem Halbmesser als ein ungeheueres Kraftreservoir, als einen Behälter betrachten, innerhalb dessen die Materie gar keine aktuelle, sondern bloss noch potentielle Energie besitzt, sich in einem Zustande der Spannung befindet, wie wir uns eine auch nur annähernd gleich starke nach den innerhalb des uns zugänglichen Bereiches zu sammelnden Erfahrungen nicht vorzustellen befähigt sind. Man bezeichnet eine Gasmasse dieser Art, mit A. Ritter, als isentropisch; eine physikalische Grundbedingung des in unseren Laboratorien nur approximativ herstellbaren Zustandes besteht darin,

---

[1]) **Jahresbericht der geogr. Ges. in München 1892. 14. Heft. p. 19.**

dass, wenn irgend ein distinktes Gasvolumen in der Masse verschoben wird, dasselbe nach Druck und Temperatur sich ganz von selbst den Verhältnissen des neuen Ortes einfügt, an welchen es gelangt ist.

In dem Masse natürlich, in welchem wir vom Zentrum aus uns der Oberfläche nähern, werde auch der Aggregatzustand sich ändern, und zwar müsse diese Änderung eine kontinuierliche sein. In den äussersten sphärischen Schichten des innersten Gasballes müsse bereits die Neigung der Gasatome, sich zu Molekülen zu gruppieren, eine gewisse Individualisierung zuwege bringen, und zwar würden es die spezifisch leichtesten Gase sein, die zunächst am Erdmittelpunkte als solche auftreten. Es folge darauf, nach aussen zu, eine Kugelschale, innerhalb deren die einzelnen Gase gemischt enthalten sind, darunter gewiss auch solche, mit denen wir noch keine Bekanntschaft zu machen Gelegenheit fanden. Die Fluidität dieser Gase werde stets eine geringere, die Wege, welche die Atome in ihrer Oszillationsbewegung zurücklegen, werden kleiner und kleiner werden, bis endlich eine tropfbare Flüssigkeit die elastische ablöse. Auch in der mit solcher Flüssigkeit erfüllten Schale werde die Verschiebbarkeit der Teile fortwährend sich vermindern, an die Stelle leichtflüssiger Materien würden schwerflüssige treten, bis endlich, schon ziemlich nahe der Aussenseite, jene zähflüssige, wesentlich aus in Schmelzfluss übergegangenen krystallinischen Körpern bestehende Masse sich finde, für welche seit einiger Zeit der Name Magma gebräuchlich geworden ist. Aber auch das Magma liege der Erdkruste nicht direkt an, sondern zwischen beiden liege erst noch jene Schicht der latenten Plastizität, für welche, als wirklich vorhanden, sicherlich das doppelte Moment spreche, dass sie ebensosehr durch die Konsequenz unserer bisherigen Betrachtungsweise gefordert, wie auch durch die neuesten Untersuchungen über Gebirgsfaltung zur gebieterischen Notwendigkeit gemacht sei. Natürlich müssen auch in diesem Gebiete alle möglichen Übergänge bis zu der fast vollkommenen Starrheit — einen absolut starren Körper kennen wir nicht — vertreten sein, welch letztere für die keineswegs sehr dicke feste Erdrinde charakteristisch beschrieben sei.

Ein Körper von der beschriebenen Zusammensetzung müsse sich hinsichtlich seiner axialen Bewegungen offenbar ganz ebenso verhalten wie ein starrer, da ja die Aggregatverschiedenheit für zwei nächst benachbarte, demselben Erdradius angehörige Punkte durchweg nur eine unmessbar geringe ist. So fielen denn jene Bedenken weg, welche man, gestützt auf die Lehre von der Nutation, gegen die Annahme einer nur wenig mächtigen festen Erdkruste erheben zu müssen glaubte.

„Es ist,“ sagt schliesslich Günther, „in der Litteratur noch merkwürdig selten eine bestimmte Stellung der Lehre vom gasförmigen Erdinneren gegenüber eingenommen worden; ja es wird uns sogar gelegentlich noch versichert, der Erdkörper sei eigentlich

durch und durch fest. Wie lange dieser nicht recht verständliche Standpunkt festgehalten werden wird, das lässt sich nicht absehen, aber bei der unmittelbaren, ja imminenten Bedeutung, welche der Frage für einen ganzen Zyklus geophysikalischer Aufgaben innewohnt, wird sich dieselbe von Tag zu Tag entschiedener in den Vordergrund drängen, und auch die Geographie als solche wird auf die Dauer nicht in der Lage sein, in Gleichgültigkeit zu verharren."

Über die Beschaffenheit des Erdinneren und die Kontraktionstheorie der Gebirgsbildung verbreitet sich M. P. Rudski[1]). Die Hypothese, welche die Felsengebirge als Resultat einer säkularen Kontraktion der Erde betrachtet, ist geologisch zulässig, ja wahrscheinlich. Angriffe gegen dieselbe stützen sich hauptsächlich auf eine Abhandlung Thomson's über die Starrheit der Erde. Rudski zeigt nun, dass nicht die Kontraktionstheorie mit der gegenwärtigen effektiven grossen Starrheit der Erde, sondern die Annahme Thomson's, es sei ein Moment gewesen, wo die ganze Erde dieselbe Temperatur durch die ganze Masse besass, mit der Kontraktionstheorie unverträglich ist.

„Diese Annahme ist an sich selbst höchst unwahrscheinlich. Eine überall gleiche Temperatur könnte nur in einem homogenen flüssigen Körper durch äusserst starke Konvektionsströmungen hergestellt werden. In einem heterogenen Körper, wie unsere Erde ist, wo die Stoffe sich nach ihrer Dichtigkeit ordnen, konnte sie nie existieren.

Diejenigen, welche auf der Thomson'schen Rechnung ganze Theorien aufbauen wollen, haben auch nicht beachtet, dass Thomson vor allem eine rechnerisch bequeme Formel gewinnen wollte. Die Formeln der Leitungstheorie für Körper von endlichen Dimensionen bestehen aus unendlichen Reihen, welche nur in gewissen Fällen auf kurze Ausdrücke reduziert werden können. Um seine Formel zu vereinfachen, hat ja Thomson eigentlich nicht eine Kugel, sondern einen unendlichen Körper, welcher den ganzen Raum auf einer Seite einer unendlichen Ebene ausfüllt, betrachtet.

Das Problem von der Abkühlung der Erde ist eigentlich unbestimmt. Es giebt aber ein Mittel, dasselbe für Betrachtungen über das Alter der Erde anzuwenden, indem man einerseits den Betrag der Faltung betrachtet, andererseits mit Hilfe des Green'schen Theorems, ohne die Verteilung der Temperatur im Erdinneren zu kennen, nur den Wert des Gradienten in den oberflächlichen Schichten benutzt. Aber auch hier muss man willkürliche Annahmen über die Veränderungen des Gradienten mit der Zeit machen. Diese Methode bietet aber den Vorzug, dass sie immer äusserst handliche Formeln liefert."

---

[1]) Petermann's Mitt. 1893. p. 136 u. ff

Welches Gesetz man auch zur Berechnung des Druckes im Inneren der Erde zu Grunde legen mag, immer erreicht die niedrigste Schätzung des Druckes im Erdzentrum nach Tisserand doch den Wert von 1700000 Atmosphären. „Jedenfalls," bemerkt Rudski, „können wir sagen, dass die Starrheit der Erde sich ganz gut mit der Annahme einer Temperatur von einigen 10000 Graden im perizentrischen Teile verträgt. Sonst braucht man, um die Falten und andere Dislokationen durch Kontraktion zu erklären, nicht so sehr hohe Temperaturen für die Jetztzeit wie für die Vergangenheit zu haben, denn die Faltung ist eigentlich nicht die Folge einer hohen Temperatur, sondern eines grossen Wärmeverlustes.

Die gegenwärtige Starrheit beweist auch nicht, dass die Erde immer starr gewesen ist.

Sie beweist auch nicht, dass eine gewisse halbflüssige Zwischenschicht noch jetzt in einer gewissen Tiefe nicht existieren könne.

Durch die Gezeiten des inneren Ozeans müssen in der Rinde Bewegungen und Spannungen entstehen, welche die Kruste zerbrechen können. Sobald sie aber leichter ist wie die darunterliegende Flüssigkeit, kann kein Stück derselben untersinken. Sie befindet sich also im Zustande eines stabilen Gleichgewichts."

Rudski glaubt, dass die Annahme einer wenigstens plastischen, nicht brüchigen Zwischenschicht durch gewisse Thatsachen gestützt werde. Hierzu rechnet er die geringe Tiefe des Erdbebenherdes, die niemals grösser als 40—50 *km* gefunden worden ist. Dies beweist nach seiner Meinung, „dass in gewissen Tiefen diejenigen Phänomene, welche Anlass zu Erdbeben geben, nicht mehr vorkommen. Was giebt aber Anlass zu Erdbeben? Ausser etwa unterirdischen Explosionen sind es immer plötzliche Verschiebungen. — Einmal ist es der Einsturz eines Gewölbes über einer Höhle, ein anderes Mal eine Verschiebung einer Gesteinspartie längs einer Spalte, ein drittes Mal ein Zerbersten ganzer Gesteinspartien, d. h. die Bildung einer neuen Spalte. — Die sogenannten tektonischen Erdbeben entstehen immer infolge plötzlicher Dislokationen.

Diese Dislokationen mögen zuweilen nur ein paar Millimeter betragen, sie haben aber grosse Gesteinspartien betroffen und traten plötzlich ein. Eine noch so grosse, aber langsame, allmähliche, stetige, ununterbrochene Dislokation kann kein Erdbeben verursachen.

Es müssen also diejenigen Schichten, von denen keine Erdbeben zu uns gelangen, von einer anderen physischen Beschaffenheit sein, wie die oberflächlichen Gesteinsschichten. Sie sind einer plötzlichen Dislokation, eines Bruches unfähig. Eine gänzliche Abwesenheit von Spannungen unterhalb eines gewissen Horizontes anzunehmen, wenn gleichzeitig oberhalb desselben infolge der Spannungen die Stoffe der Erde zerbersten, sich verschieben u. s. w., wäre ja widersinnig.

Die tektonischen Erdbeben sind in dieser Hinsicht besonders wichtig. Vulkanische Erdbeben berichten uns bloss über den

Zustand und die Ereignisse, welche in den vulkanischen Gegenden stattfinden. Auf diese Weise geben sie uns wichtige Aufschlüsse über vulkanische Gegenden, aber diese befinden sich bis zu einem gewissen Grade in aussergewöhnlichen Verhältnissen. Tektonische Erdbeben kommen dagegen oft in Gegenden vor, wo keine thätigen Vulkane existieren. Sie sind also nicht nur von einer anderen, sondern auch von einer allgemeineren Bedeutung. Sie berichten uns über die physischen Eigenschaften tiefer Schichten in solchen Gegenden, wo man aus vulkanischen Erscheinungen nichts erfahren kann. Sie scheinen ein Zeugnis dafür abzulegen, dass die plastische Zone, welche in einer gewissen Tiefe unter der Erdoberfläche liegt, ununterbrochen ist und nicht etwa aus kleinen „Maculae“ besteht, wie man, bloss nach den vulkanischen Erscheinungen urteilend, denken könnte.

Die mittlere Tiefe der nichtbrüchigen Zone wird sich genauer feststellen lassen, sobald genaue Berechnungen der Tiefe der Erdbebenherde in einer grösseren Zahl vorhanden sein werden. — Leider kann man nicht auf dieselbe Weise die Dicke der nichtbrüchigen Zone bestimmen. Wäre unter der nichtbrüchigen Zone wiederum eine andere brüchige vorhanden, und wäre sie auch von plötzlichen Dislokationen heimgesucht, so könnten wir höchstens etwas von den heftigsten dieser Dislokationen wahrnehmen, mit anderen Worten: auf Grund der Beobachtungen über die Tiefe des Herdes der Erdbeben können wir nicht bestimmen, ob die nichtbrüchige Zone bis zum Erdzentrum reicht oder in einer gewissen Tiefe wieder in eine brüchige Zone übergeht.

Gegen die Annahme der plastischen Zwischenschicht spricht eigentlich nur die effektive Starrheit der Erde im Gezeitenphänomen. Sie spricht aber, wie wir schon bemerkt haben, eher beschränkend als ausschliessend. Doch etwas Näheres über diese Beschränkungen zu sagen, ist vorläufig schwer, umsomehr, da vorderhand noch eine sichere Bestimmung des Grades der Starrheit fehlt. Sie wurde zwar von Darwin auf Grund des Gezeitenphänomens unternommen, man kann sie aber nicht als befriedigend betrachten. Das Gezeitenphänomen ist zu verwickelt, die Daten sind zu unsicher, als dass man dieser Berechnung ein volles Vertrauen schenken könnte. Gewisse Erscheinungen des Gezeitenphänomens haben, wie Fisher bemerkt, bereits zu viel bewiesen. Sie geben mehr, als man von einem absolut starren Körper erwarten könnte.“

Die in neuester Zeit bemerkten periodischen Variationen der Polhöhe können möglicherweise dereinst dazu dienen, den Grad der Starrheit der Erde genauer zu bestimmen. Wäre die Erde ein absolut starrer Körper, so müsste, wie Euler schon gezeigt hat, die Periode dieser Variationen 306 Tage betragen, während sie thatsächlich nahezu 385 Tage umfasst. Die Erde kann also kein absolut starrer Körper sein.

2. Oberflächengestaltung.

Die letzten kontinentalen Veränderungen Europas vor und während der Eiszeit behandelt J. N. Woldřich[1]). Folgendes sind die Ergebnisse, zu denen er gelangt: Zur Eiszeit, als Skandinavien, die norddeutsche Ebene und ein Teil von Mitteleuropa von Gletschern bedeckt waren, bestand eine Verbindung von Spanien mit Marokko, von Korsika, Sardinien, Sizilien und Malta mit Algerien; der Ostteil des damals kleinen Mittelmeeres befand sich im Zusammenhange einesteils über die Saharagegend mit dem Ozeane, anderenteils durch die Strasse von Messina mit dem Westteile des Mittelmeeres; das Rote Meer und das Uralgebirge waren noch nicht vorhanden; Nordrussland und Nordsibirien waren mit Schnee und Eis bedeckt, ihre Gewässer flossen in das ausgedehnte mittelasiatische Meer ab. Eine zweite Eiszeit gab es wenigstens im Norden nicht. Als die Gletscher in Mitteleuropa zurücktraten, befand sich das ausgedehnte britische Land im Zusammenhange mit Frankreich, die dalmatinischen Inseln bildeten mit Dalmatien ein ausgedehntes istro-dalmatinisches Festland, ebenso bildeten auch Elba, Korsika und Sardinien vermutlich mit Italien ein sardo-italienisches Festland, und Sizilien mit Malta und Italien das sizilisch-italienische Festland; die Strasse von Gibraltar war offen, der Westteil des Mediterranbeckens im Zusammenhange mit dem Ostteile vermittels der sizilianisohen Strasse, die Wüste Sahara war vorhanden, Nordrussland war noch von Eis bedeckt, das mittelasiatische Meer bestand noch; in Mitteleuropa herrschte ein kontinentales Klima, begleitet von einer subarktischen Steppenflora und Steppenfauna. Nach verhältnismässig langer Zeit öffnete sich gegen das Ende der Diluvialepoche zu die Strasse von Dover (Calais) und Messina, das adriatische Becken sank, die Verbindung zwischen Korsika und Italien hörte auf, und das südägeïsche Becken und die Rote Meer-Spalte sanken unter; der Wall dagegen erhob sich zu seiner jetzigen Höhe. Nordrussland und Sibirien wurden vom Eise frei und neigten sich nach Norden hin, das mittelasiatische Meer floss ab und hinterliess als Überbleibsel das Schwarze und Kaspische Meer, den Aral- und Balkaschsee. Als die Diluvialperiode zur Neige ging, öffnete sich endlich die Dardanellenstrasse[2]).

Die geographische Verteilung der Beschaffenheit von Grund und Boden ist von A. v. Tillo nach Karte 4 der neuen Bearbeitung des Berghaus'schen Physikalischen Atlas ermittelt worden[3]). Als vorläufige Ergebnisse giebt der Verfasser folgende Zusammenfassung:

---

[1]) Abhandlungen der böhmischen Kaiser Franz Joseph-Akademie für Wissenschaft, Litteratur und Kunst zu Prag 1892. 2. Klasse II. Nr. 14.
[2]) Verhandlungen der k. k. geol. Reichsanstalt 1893. Nr. 4. p. 99.
[3]) Petermann's Mitt. 1893. p. 17 u. ff.

„Ein Viertel des Festlandes ist mit Laterit bedeckt, wobei in Afrika derselbe 49 % und in Südamerika 43 % der ganzen Fläche ausmacht. Er kommt vorwiegend in den Breitenzonen von 20° nördl. Br. bis 20° südl. Br. vor, wo kein Lehm auf der Karte verzeichnet ist.

Lehm ist auf der ganzen Erde durch 18 % vertreten, besonders in Asien, wo 37 % des Areals damit bedeckt sind.

Der Steppenboden nimmt 17 % des ganzen Festlandes ein und ist in Ozeanien durch 41 % repräsentiert.

Bei den Bodengruppen lässt sich sagen, dass die Eluvialregionen 43 % und die Regionen mit überwiegender Aufschüttung 38 % der Festlandsfläche ausmachen. Die überwiegende Denudation nimmt 11 %, Löss 4 % ein. Sehr auffallend ist das Gleichgewicht (sozusagen) zwischen den Eluvialregionen einerseits und den Aufschüttungen andererseits, indem die Eluvialregionen 43 % und die Aufschüttungen 42 % der Landflächen vorstellen.

Von den gesamten ozeanischen Flächen sind 34 % mit Globigerinenschlamm und 33 % mit rotem Thone bedeckt. Die kontinentalen Ablagerungen nehmen 22 % ein. Die charakteristischen Züge der Ozeane lassen sich in der Weise formulieren, dass im Stillen Ozeane mehr als die Hälfte (55 %) dem roten Thone, im Indischen Ozeane 44 % und im Atlantischen Ozeane 58 % dem Globigerinenschlamme angehören. Die kontinentalen Ablagerungen sind doppelt nach ihrer Relativzahl (23 %) im Atlantischen Ozeane im Vergleiche mit dem Stillen Ozeane (12 %). Dagegen unterscheidet sich der Indische Ozean durch die grössere Verbreitung des Diatomeenschlammes.

Bei der Summierung der organischen Ablagerungen stellt sich heraus, dass im Indischen und Atlantischen Ozeane dieselben resp. durch 65 und 62 % vertreten sind, dagegen im Stillen Ozeane nur im Betrage von 29 % erscheinen. Umgekehrt: der rote Thon beträgt im Stillen Ozeane 55 % und im Indischen und Atlantischen Ozeane nur resp. 18 und 13 %.

Breiten	Verteilung des Globigerinenschlammes nach den Breitenzonen in Relativzahlen; die Fläche des Wassers der Zone gleich 100 angenommen
80—60° nördl. Br.	7
60—40 „	24
40—20 „	24
20— 0 „	34
0—20° südl. Br.	40
20—40 „	49
40—60 „	52

Wenn man die Verteilung der Meeresablagerungen nach Breitenzonen ansieht, so findet man eine rasche Abnahme der Relativzahlen der kontinentalen Ablagerungen mit der Breite vom Norden zum Süden, — ein Beweis, dass dieselben mehr als direkt proportional

zu den Kontinentalflächen anwachsen. Sehr charakteristisch ist die ganz regelmässige Zunahme der Relativzahlen für den Globigerinenschlamm, wie aus der vorstehenden kleinen Tabelle zu ersehen ist.

Vergleicht man die beiden Hemisphären, so kommt man zu folgenden Resultaten:

Die Regionen der überwiegenden Aufschüttung sind in beiden mit 38 % vertreten, das Ebenmass der Zerstörung und Fortpflanzung nimmt in beiden 4 % ein, das Löss ist auch beinahe gleich verteilt (resp. 3 und 5 %). Endlich scheinen die Eluvialregionen verhältnismässig in der südlichen, dagegen die Regionen der überwiegenden Denudation in der nördlichen Hemisphäre verbreitet zu sein.

Die Meeresablagerungen betreffend, so sieht man, dass in der nördlichen Halbkugel 33 % den Kontinentalablagerungen, 27 % den organischen Ablagerungen und 40 % dem roten Thone zukommen; in der südlichen Halbkugel überwiegen die organischen Ablagerungen 53 %, dagegen kommen den kontinentalen Ablagerungen und dem Thone resp. 19 und 28 % zu."

Die Grundzüge der Bodenplastik von Italien zeichnete Prof. Theobald Fischer in einem Vortrage auf dem 10. deutschen Geographentage 1893[1]). Italien besteht nach seinen Ausführungen, wenn man vom Alpenlande absieht, bodenplastisch nur aus zwei grossen natürlichen Gebieten, dem ebenen, sich äquatorial erstrecken den Polande, Festlandsitalien und dem gebirgigen und hügeligen, sich meridional am meisten ausdehnenden Halbinsel- und Inselitalien, dem Apenninenlande. Denn Sizilien und Sardinien-Korsika sind teils Stücke der Apennin, teils Trümmer der Tyrrhenis, d. h. eines alten Festlandsgebietes, welches, noch heute seine Zusammengehörigkeit geologisch und biologisch bezeugend, sich von Korsika bis Kalabrien und Nordostsizilien, andererseits aufs toskanische Festland erstreckte und auch Beziehungen zu den Westalpen erkennen lässt.

Die Poebene bildet einen grossen Trog, der sich, im Westen hoch von den Alpen umwallt, nach Osten verbreitert und zur Adria neigt, von dieser aber durch einen 15 — 20 *km* breiten Sumpf- und Haffgürtel getrennt ist. Bis zu Ende der Tertiärzeit als Einbruchskessel an der Innenseite der Alpen meerbedeckt, ist dieselbe seitdem durch eine Hebung, infolge deren die Pliocänschichten noch heute bis zu 500 *m* Höhe am Hange der Alpen und Apenninen erhalten sind, sowie durch die ungeheueren Geröllmassen, welche die Flüsse hineinschütteten, verlandet und noch immer im Vorrücken gegen die Adria begriffen. Die Einförmigkeit der Ebene wird durch die Eigenart des Anbaues, durch den fast überall vorhandenen Blick auf die Alpen, vielfach auch auf die Apenninen oder beide Gebirge, namentlich aber durch die mehrfach mitten aus derselben als Einschlüsse im Schwemmlande auftauchenden Hügel und Hügelgruppen und die wechselvollen Formen des Schuttlandes selbst wesentlich gemildert.

[1] Deutsche geogr Blätter 1893. **16.** p. 167

Jene Einschlüsse gehören teils, wie die sich auf mesozoischer und tertiärer Unterlage erhebenden Vulkanreste der euganeischen und bericischen Hügel zu den Alpen, teils wie der Hügel von S. Colombano und das monferratische Hügelland zum Apennin. Jener liegt weit nördlich vom Po, der hier ein gut Teil des Apennin abgetragen hat, während dieses die nördliche Hälfte einer grossen flachen Tertiärmulde des Apennin, durch den wohl erst gegen Ende der Glazialzeit direkt nach Nordosten gedrängten, heute der Tiefenlinie der Synklinale folgenden Tanaro und sein breites Alluvialthal vom Apennin orographisch getrennt worden ist.

Am auffälligsten tritt die Form der Ebene hervor in der den Po in wechselnder, aber überall bedeutender Breite begleitenden Flutrinne, jüngstem Alluvium, welches meerwärts in den Gürtel jüngst gebildeten Schwemmlandes übergeht. Darüber erhebt sich überall mit scharf ausgeprägtem, wohl hie und da bis 10 *m* hohem Anstiege ein zweiter, völlig ebener Gürtel, der nur durch die breiten, flachen kiesigen Betten der Flüsse gegliedert wird und sich ganz besonders durch befruchtenden Wasserreichtum auszeichnet. Dieser letztere beruht darauf, dass auf den wenig durchlässigen thonigen Ablagerungen die in den Schuttmassen der beiden gebirgsnäheren Gürtel der Ebene in die Tiefe gesunkenen Wassermassen hervortreten müssen. Dies geschieht teils in starken Quellen, welche vielen kleineren Flüssen, namentlich in Friaul, Ursprung geben, oder in unterirdischen Zuflüssen der dadurch hier auffällig wasserreicher werdenden Flüsse oder in künstlichen Fassungen und Leitungen, wohl den ältesten Kulturleistungen der Menschen in der Poebene. Dieser durch die hervortretenden Gewässer so wichtige Gürtel wird der Gürtel der Fontanili genannt. Er verläuft etwas nördlich von Mailand. Die ehemals hier vorhandenen Sümpfe, das Gegenstück der bayrischen Möser, sind bis auf die Mosi von Crema von der Kultur beseitigt. Ein aus groben Flussgeröllen und Gletscherschutt aufgebauter und daher schon vielfach hügeliger Doppelgürtel schliesst sich gegen das Gebirge hin an, jener aus den riesigen Schuttkegeln der aus dem Gebirge hervorbrechenden Flüsse namentlich zu Beginn der Eiszeit gebildet, dieser aus den Moränen der Gletscher, welche vor dem Ausgange der grossen Alpenthäler wahre Amphitheater aufhäuften. Das von Ivrea ist das regelmässigste und besterhaltene. Die linke Seitenmoräne, der Monte Serra, ist ein wahres aufgeschüttetes Gebirge von reichlich 600 *m* relativer Höhe. Die ganze Schuttmasse von Ivrea schätzt man auf 70 *cbkm*. In diesen beiden Gürteln, namentlich dem der Moränen, fehlt es nicht an landschaftlichen Reizen, wie die hügelumsäumten Moränenseen und die in die festverkitteten Schuttmassen eingeschnittenen tiefen Flussthäler sie zu bieten vermögen, von den zwischen den Flüssen gelegenen öden Heideflächen, für welche es überall besondere Namen (vaude, brughiere, groane u. a.) giebt, hat die Kultur nur noch Reste übrig gelassen. Auch sie haben ihr Gegenstück auf der bayrischen Hochebene, namentlich im Lechgebiete.

Man pflegt den Apennin gewöhnlich, wenn es sich um einen kurzen Ausdruck handelt, als ein Faltengebirge zu bezeichnen, von welchem ähnlich wie bei den Karpathen nur der äussere geschichtete Mantel erhalten ist, während das innere Zentralmassiv unter dem grossen tyrrhenischen Senkungsfelde abgesunken ist. Bei näherer Betrachtung modifiziert sich dies Bild allerdings sehr bedeutend. Nur die Nordhälfte des Apennin, etwa bis zu der fast die ganze Halbinsel durchsetzenden Querfurche, durch welche der Sangro zur Adria, der Volturno zum Thyrrhenischen Meere geht, trägt die Kennzeichen eines gefalteten Gebirges deutlich zur Schau, die Südhälfte, die allerdings noch ungenügend durchforscht ist, wird in ihrer Oberflächengestalt viel mehr von Bruchlinien und daraus erfolgten Vertikalverschiebungen bestimmt.

Der Apennin ist ein sehr jugendliches, wohl das jugendlichste unter den grösseren Gebirgen Europas. Die durch von Südwesten aus der Gegend der niederbrechenden alten Tyrrhenis her kommenden tangentialen Schub hervorgerufenen faltenden Bewegungen fanden ihr Ende schon zu Ende der Miocänzeit. Die Pliocänschichten, in so grossem Masse sie am Aufbaue des Apennin, namentlich an der Aussenseite, teilnehmen, sind nirgends gefaltet, sondern nur gehoben, aber so bedeutend, dass sie heute noch, trotz gewiss schon wieder weit fortgeschrittener Abtragung, in Sizilien Höhen von 1000 *m*, auf dem Festlande von 1200 *m* erreichen. Selbst in die Quartärzeit hinein dauerte die Hebung noch fort, in Sizilien erreichen Quartärschichten bis 400 *m* Höhe. Die Nordhälfte des Apennin zeigt deutlichen Parallelismus der Falten und der mit den Antiklinalen fast durchaus zusammenfallenden Ketten, am meisten zwischen Genua und Ankona. Dort schieben sich, sämtlich einander parallel in Südost streichend, die Ketten kulissenartig vor einander, indem immer eine dem Tyrrhenischen Meere nähere, eine Strecke weit auch die Hauptwasserscheide bildende Kette gegen das tyrrhenische Senkungsfeld an Höhe verliert und schliesslich unter demselben verschwindet, die Wasserscheide auf die nächste östlichere überspringt, die das gleiche Schicksal hat, und so fort. Auf der ganzen inneren Seite, von nahe südöstlich von Genua bis zu dem Horste von Sorrent, welcher den campanischen Einbruchskessel von dem von Salerno scheidet, öffnen sich daher alle Synklinalthäler zum tyrrhenischen Senkungsfelde, und können sich in dem dort breiten, aus demselben noch aufragenden beziehungsweise aufgeschütteten Vorlande grössere Flüsse, wie Arno, Tiber u. a. entwickeln. Die Aussenseite dagegen ist nur durch parallele Erosionsthäler gegliedert, welche sich senkrecht zum Streichen der Ketten zur Poebene beziehungsweise zur Adria öffnen.

Der mittlere Apennin zeigt noch dieselben Parallellinien der Ketten, aber auf der tyrrhenischen Seite der Hauptketten erheben sich noch abgesonderte Gebirgslandschaften, wie die umbrische und sabinische, die Faltung wird weiter nach Südosten zur Fältelung, und

Bruchlinien, auf welchen mehrere 1000 *m* umfassende Vertikalverschiebungen nachgewiesen sind, verleihen den mächtigen, den mittleren Apennin kennzeichnenden Kalkstöcken die grössten Höhen, welche überhaupt im Apennin vorkommen. Solche Bruchlinien haben wohl auch das Innere des Gebirges geöffnet, so dass hier die Flüsse auch an der Ostseite Synklinalthäler entwässern, und das hydrographische Netz hier eine gewisse Ähnlichkeit mit dem der Westseite erhält.

Die Südhälfte des Apennin besteht aus zahlreichen, an diejenigen unserer Ostalpen (Dachstein, Totes Gebirge u. a.) erinnernden, nur etwas kleineren mesozoischen oder eocänen Kalkmassen, welche mit oft wagerecht liegenden oder wenig geneigten, hier und da allerdings auch steil aufgerichteten Schichten weissleuchtend mit prallen Wänden aus der niederen meist pliocänen Umgebung aufragen. Meist niedere, nur durch Erosion gegliederte Hochflächen bildend, verbinden diese gehobenen Pliocänschichten dieses Trümmerwerk älterer Massen. Erst jene Hebung schuf hier wieder ein einheitliches Gebirge, dem aber der Parallelismus der Ketten durchaus fehlt, trotzdem auch hier noch in Südost streichende Faltenzüge hier und da erkennbar sind. Die meist von Pliocän gebildete Wasserscheide liegt daher bald näher an der tyrrhenischen, bald an der adriatischen Seite. Man durchquert hier das Gebirge in Engpässen, man übersteigt es nicht. Im calabrischen Apennin handelt es sich um zwei grössere archäische Massive, Trümmer des Tyrrhenis, die Sila und den Aspromonte, welche infolge jener Hebung einen jungtertiären Mantel, der sie orographisch verbindet, hoch hinauf um ihre Schultern geschlagen haben. Wie die archäischen Gesteine unter der Kalkdecke des neapolitanischen Apennin an dessen Südgrenze hervortreten, so zeigen Denudationsreste in Calabrien, dass auch dort allenthalben eine solche Kalkdecke vorhanden war. Ebenflächige Ausbreitungen sind daher in der ganzen Südhälfte des Apennin der hervorragendste Zug in der Oberflächengestalt, nicht parallele Ketten.

Jene Hebung erst schloss drei pliocäne Meerengen, welche die Halbinsel durchsetzten, die calabrische, die neapolitanische, welche vom Golf von Campanien zu dem der apulischen Ebene ging, und die apulische. Nur die auch auf einer noch so häufig durch Erdbeben heimgesuchten Bruchlinie gelegene Meerenge von Messina blieb, wenn auch bedeutend verengt, noch offen, der sizilische Apennin vom festländischen getrennt. Durch diese Hebung wurde die apulische Meerenge geschlossen und der Gargano und die apulische Kreidetafel erst (wieder) mit dem Apenninenlande verbunden. Beide zeigen in ihrem geologischen Baue eine Übereinstimmung mit jenen Kalkmassiven des neapolitanischen Apennin, welche mit dem Fortschreiten der geologischen Durchforschung sich als immer grösser herausstellt. Wir fassen sie mit der apulischen Ebene als adriatisches Apenninenvorland zusammen und stellen demselben das tyrrhenische gegenüber, welches die campanische und latinische Ebene, wie den

Arnogolf, das toskanische Hochland, die lepinischen Berge und die vulkanischen Berggruppen der tyrrhenischen Abbruchsseite umfasst.

Zu reichlich $^2/_3$ besteht der Apennin, Sizilien zu $^4/_5$ aus Schichten, welche sich im Laufe der Tertiärzeit erst gebildet haben, leicht zerstörbare Gesteine herrschen selbst in den alten, den Apenninen einverleibten Trümmern der Tyrrhenis, einige besonders im Tertiär vor. Nur der mittlere Apennin verdient die Bezeichnung als Kalkgebirge, im ganzen betrachtet, ist der Apennin mehr ein Thongebirge. Das ganze Apenninenland unterliegt daher bei dem Wechsel trockener und nasser Jahreszeiten rascher Abtragung, die Oberflächenformen ändern sich unablässig, die Lage der Siedelungen wird von diesen beweglichen Bodenarten bestimmt, Verkehrswege sind nur schwer umzulegen, selbst die Verbreitung der Malaria wird durch dieselben gefördert.

Die Gebirgsformen im südwestlichen Kärnten und deren Entstehung ist Gegenstand einer Studie von Dr. F. Frech gewesen [1]). Sie erörtert die allmähliche Herausbildung der heutigen Oberflächenformen, wie sie in dem letzten Abschnitte der Tertiärperiode, in der Eiszeit und der jüngsten geologischen Vergangenheit vor sich ging. Die gebirgsbildenden Vorgänge im Alpengebiete erreichten in der 2. Hälfte der Miocänzeit ihr Ende. Verwitterung und Erosion des fliessenden Wassers, deren Thätigkeit gleichzeitig mit der Emporwölbung begann, kennzeichnen den Abschluss der Tertiärperiode. Die Bedeutsamkeit dieser tertiären Denudation erhellt aus theoretischen Betrachtungen ebensowohl, wie aus der bekannten Thatsache, dass das gesamte Abflusssystem der Alpen bereits vor dem Eintritte der Eiszeit in einer von der heutigen wenig abweichenden Form fertig gebildet vorlag. Die Denudationsprodukte der Neogenzeit sind allerdings durch die diluvialen Gletscher fast vollständig ausgeputzt worden; nur für sehr vereinzelte inneralpine Bildungen ist ein präglazialer, tertiärer Ursprung nicht ausgeschlossen.

An die Stelle der älteren „Kataklysmen-Auffassung", welche in den Thälern klaffende Risse und Spalten der Erdrinde sah, ist in neuerer Zeit eine naturgemässere Anschauung getreten, die der Erosion des fliessenden Wassers den wesentlichsten Einfluss auf die Entstehung der Gebirgsthäler zuerkennt. Jedoch hat sich diese Betrachtungsweise von Übertreibungen nicht freigehalten und den Einfluss von Gebirgsstörungen auf die Thalbildung gänzlich geleugnet. — Es giebt allerdings viele Alpenthäler, welche die verschiedenartigsten Schichten und Gebirgsstörungen quer durchschneiden und somit reine Erosionsgebilde sind. Bei anderen Thalformen ist der Einfluss der tektonischen und petrographischen Verhältnisse um so deutlicher erkennbar. Allerdings hat auch hier das fliessende Wasser die aktive Ausräumungsarbeit im wesentlichen vollbracht; aber ebensowenig lässt sich verkennen, dass die Richtung, in der

[1]) Zeitschr. d. Gesellsch. f. Erdkunde in Berlin **27.** Nr. 5. p. 349 u. ff.

das Wasser seine ausnagende Thätigkeit entfaltete, durch den Gebirgsbau vorgezeichnet war. Klassische Beispiele für derartige tektonische Hauptthäler bilden die Flussläufe der Gail, Drau, Fella und der oberen Save.

Verf. zeigt dies im einzelnen und geht dann ausführlich auf die Einwirkungen der Eiszeit ein. Betreffs der Einzelheiten muss auf das Original verwiesen werden. Als Hauptergebnis bezüglich des Anteils der einzelnen Abschnitte der Erdgeschichte an der Herausbildung der heutigen Oberfläche ergiebt sich folgendes: Die Bildung der Gesteine gehört der älteren geologischen Vorzeit, den paläozoischen und altmesozoischen Perioden, die Auffaltung des heutigen Gebirges dem Tertiär an; in die letzten Abschnitte dieser Epoche fällt die Bildung der wichtigeren Thäler. Während der Eiszeit wurden im wesentlichen die durch mechanische und chemische Verwitterung aufgehäuften losen Massen aus den zentralen in die peripherischen Teile des Gebirges geschafft und gleichzeitig durch Gletschererosion manche Oberflächenformen geschaffen, die, wie die Kare und Seen, noch bis jetzt erhalten sind. Die Modellierung der landschaftlichen Formen, welche das reizvolle, abwechselungsreiche Bild eines Gebirges zusammensetzen, ist fast ausschliesslich das Werk der — geologisch gesprochen — jüngsten Vergangenheit.

Über die Typen der Küstenformen hat Dr. A. Philippson eine Studie veröffentlicht [1]. Streng genommen ist die Küste nur Grenzlinie zwischen Festland und Meeresfläche, allein behufs fruchtbringender Betrachtung muss diese Definition verlassen und eine mehr oder weniger breite Zone zu beiden Seiten der Küste einbezogen werden. „Diese Küstenfläche umfasst einen Streifen der subaerischen sowohl wie der submarinen Oberfläche des Erdfesten zu beiden Seiten der Küstenlinie, dessen Gestaltung verursacht ist durch die Kräfte, welche an der Küstenlinie wirksam sind und von dieser bedingt werden oder sie bedingen. Die Grenze der Küstenfläche liegt also jedesmal dort, wo das durch die Faktoren der Küstenbildung bedingte oder den Küstenverlauf bedingende Relief übergeht in das von der Küste unabhängige Relief des festen Landes einerseits, des Meeresbodens andererseits.“

Verf. unterscheidet zwischen der allgemeinen und speziellen Küstengestalt, welch' letztere Gliederung (Verlauf) und Profil in sich begreift. „Die allgemeine Küstengestalt begreift die grossen Züge des Verlaufes in der Natur der Küsten, wie sie sich uns z. B. auf einer Karte kleinen Massstabes darstellen. Die spezielle Küstengestaltung begreift dagegen die feinere Ausgestaltung der Küste im einzelnen, den vielfachen Wechsel der Formen innerhalb des allgemeinen Charakters, wie wir ihn auf speziellen Karten erkennen. Die allgemeine Küstengestalt wird in der Regel durch endogene Faktoren, sei es durch die Tektonik (durch Faltengebirge, Brüche,

---

[1]) Festschr. zu v. Richthofen's 60. Geburtstag. Berlin 1893. p 1 u ff.

Begrenzung der grossen Schollen, vulkanische Massen), sei es durch Niveauschwankungen zwischen Meer und Land, also Untertauchen bezüglich Auftauchen ganzer Erdräume veranlasst. Die Einzelgliederung ist dagegen meist das Werk exogener Kräfte (der Atmosphäre und Hydrosphäre), welche die ursprüngliche, von den endogenen Kräften geschaffene Küstenform um- und ausgestalten. Natürlich ist nicht ausgeschlossen, dass auch tektonische Vorgänge bei der speziellen Ausgestaltung mitwirken, wie andererseits auch die allgemeine Küstenform durch Abrosion bedingt sein kann."

Auf die Küstengestalt wirken mehrere exogene Kräfte ein, welche der Küste eigentümlich sind, die wichtigsten dieser litoralen Agenzien sind: Meeresbrandung, Gezeiten und die Thätigkeit der in das Meer mündenden fliessenden Gewässer. Diese litoralen Agenzien fehlen nirgends ganz, aber sie treten örtlich in sehr verschiedener Stärke auf. Sie bewirken vornehmlich die spezielle Küstenform, während küstenfremde Agenzien die primären Küstenbildner sind. Alle Küsten sind in ihrer ersten Anlage durch letztere verursacht, da ja die litoralen Kräfte erst eingreifen können, wenn die Küste da ist.

Unter den zahlreich vorkommenden und denkbaren Küstenformen unterscheidet Dr. Philippson zwei grosse Abteilungen. In der einen kommen vorwiegend die küstenfremden, in der anderen die litoralen Kräfte zum Ausdrucke. Die ersten sind, wenn sie rein auftreten, nur Isohypsen des Reliefs (Isohypsenküsten). Am eingehendsten beschäftigt sich Verf. mit der zweiten grossen Abteilung, nämlich mit den nicht durch litorale Kräfte geschaffenen Küstentypen. Auf die Einzelheiten kann hier nicht eingegangen werden, es muss genügen, die übersichtliche Zusammenstellung derselben hier mitzuteilen. Diese Küstenformen zerfallen:

1. in thalassogene Abrasionsküsten mit ihren bogenförmigen Buchten und
2. in Schwemmlandsküsten.

Bei letzteren unterscheidet der Verf. folgende Typen:

a. die potamogene Schwemmlandsküste, ihrer Entstehung nach bedingt durch Überwiegen der Sedimentierung seitens der Flüsse über die seitliche Küstenversetzung durch die Wellen.

b. die gemischte potamogene und thalassogene Form, bei annäherndem Gleichgewichte von Sedimentierung durch Flüsse und von Küstenversetzung.

c. die thalassogenen Schwemmlandsküsten, bei Überwiegen der seitlichen Küstenversetzung über die Sedimentierung durch Flüsse.

Über die Fjordbildung verbreitet sich E. v. Drygalski auf Grund seiner Beobachtungen in Grönland[1]). Er ist zu der Annahme geneigt, dass der schroffe und schmale Charakter, den wir vom Querprofile der Fjorde unzertrennbar erachten, nur bei ihrer

[1]) Festschrift, F. v Richthofen dargebracht. Berlin 1893. p. 43 u ff.

heutigen Eigenschaft als Meeresbuchten besteht. Lägen sie trocken, so würde sich leicht das Gegenteil herauskehren.

Eine Schwierigkeit bildet der beckenförmige Verlauf im Längsprofile der Fjordböden, die den Fjorden an ihrer Mündung eigenen Anschwellungen des Bodens, und es fehlt noch sehr an statistischem Materiale über die Höhen- und Neigungswinkel der Bodenschwellen und vor allem auch über ihre Zusammensetzung. Ob sie aus anstehendem Fels oder aus hinzugetragenem Schutte bestehen, ist der wichtigste Punkt. Der Wasserspiegel des Meeres in den Fjorden sei nur etwas Zufälliges, die Formen des Landes setzen sich ohne Unterbrechung unter den Seespiegel hinab fort.

Verf. beschreibt im einzelnen genauer ein Fjordthal, welches den Typus der grönländischen Fjordthäler sehr gut vertritt. Es hat eine Länge von $5^1/_2$ *km*, ist nahe 1 *km* breit, und in seinen Boden sind 3 Becken eingetieft, von denen das tiefste wohl bis zum Meeresspiegel hinabreicht, indem der Spiegel des Binnensees, welcher es heute erfüllt, nur 41 *m* über dem Meere liegt. Würde dieses Thal unter den Meeresspiegel sinken, so wäre es ein typischer Fjord, ein thalartiger Meeresarm, dessen Sohle aus 3 Felsenbecken besteht, die den Verlauf seines Gefälles unterbrechen. Was die Art und Weise der Entstehung von Fjordthälern, wie das in Rede stehende anbelangt, so fühlt sich v. Drygalski gezwungen, die Formen, in denen die Gletschererosion einsetzte, und die sie ausgestalten konnte, durch andere Kräfte vorgezeichnet zu denken, so dass die Gletscher sie nur ausgeräumt haben; im Rahmen der vorhandenen Formen lässt er dann den Grad der erodierenden Gletscherkraft offen. Zweifellos sei mit der Ausräumung des Schuttes auch eine Abnutzung des Untergrundes verbunden gewesen, aber vorbereitet müssten die Thalzüge der Seebecken gewesen sein, damit die Gletschererosion einsetzen konnte.

Über die Bedeutung der Barren in Hinsicht auf gewisse geologische Bildungen verbreitet sich C. Ochsenius[1]). Zunächst bespricht er die ozeanischen Barrenwirkungen.

„Eine Barre, die einer Bai in solcher Höhe horizontal vorgelagert ist, dass der dadurch hervorgerufene partielle Verschluss wirksam wird, erzeugt

A. bei entsprechenden Süsswasserzugängen eine Wechsellagerung von marinen oder fluviatilen Schichten, je nachdem der Süsswasserzufluss schwächer oder stärker ist, als die über die Barre einzudringen vermögende Seewassermasse. Brackische Sedimente entstehen in der Bai, wenn die süssen und salzigen Einströmungen sich annähernd die Wage halten.

Es bedarf hiernach bei der Erklärung einer Schichtenreihe aus den drei angegebenen Gattungen keineswegs der bisherigen Annahme von Hebungen und Senkungen des Landes oder Ozeanspiegels; die

---

[1]) Zeitschrift f. prakt. Geologie 1893. Heft 5 u. 6.

Mächtigkeit des ganzen Schichtenkomplexes ist nur abhängig von der Tiefe des abgeschnürten Beckens, das je nach der Barrenhöhe wechselnd vom Meere oder von den Süsswasserzuflüssen beherrscht wird.

B. Ohne Süsswasserzuflüsse und unter entsprechend warmem Klima treten in dem Busen, dessen Oberfläche alles einlaufende Seewasser zu verdampfen vermag, folgende Erscheinungen ein.

1. Phase. Das einströmende Seewasser verdunstet, und seine salinischen Bestandteile reichern den ganzen Buseninhalt allmählich so weit an, dass die Organismen, welche die Bai bewohnen, ihre Heimat verlassen oder unter Zurücklassung spärlicher undeutlicher Reste zu grunde gehen müssen; daher der Mangel an marinen Petrefakten in den Salzschichtenfolgen.

2. Phase. Die stetig zunehmende Salinität des Buseninhaltes verursacht den Niederschlag der meisten schwerlöslichen Bestandteile des flüssigen Elementes, in erster Reihe den des schwach im Meerwasser vertretenen Eisens als Oxyd[1]), in zweiter den des Calciumsulfates. Es beginnt wasserhaltig in Form von Gips auszufallen, wenn das Busenwasser ein spezifisches Gewicht von 1.129 erreicht hat. Dem Gipse schliessen sich die geringen Mengen gelösten Calciumcarbonates an.

Die soliden, noch nicht vom Wasser aufgelösten Reste der abgetöteten Organismen werden vom Gipse umhüllt und sind nur selten bestimmbar.

Die Beendigung des Verlaufes dieser Phase durch dauerhaften Barrenverschluss lässt ein Gipslager zurück, von dessen Begleitern vorzugsweise Thon, der vermengt oder in Wechsellagerung mit abgesetzt wird, und Bitumen nebst Phosphorsäure, von den Organismen stammend, zu erwähnen sind.

Die aus Phase 2 hervorgehenden Gipse — man könnte sie im Gegensatze zu den aus dem (hängenden) Anhydrithute entstehenden „liegende“ (des Steinsalzlagers) nennen — saugen nicht selten die über ihnen stehen gebliebenen salinischen Lösungen ein, falls diesen kein Abzug geboten wird.

Ein charakteristisches Beispiel für eine derartige kolossale Ablagerung „liegender“ Gipse zeigt der Llano Estacado (Staked Plain) in Texas und dem westlich angrenzenden Teile von New-Mexiko. Das ganze Land südlich vom Canadian River, der in etwa 36° nördl. Br. nach Osten in den Arkansas, Nebenfluss des Mississippi, rinnt, ist von dem linken Ufer des Rio Pecos an in einer Breite von 60 *km* und mehr bis zum 31° nördl. Br. von einem ungeheueren, an 550 *km* sich in meridionaler Richtung ausdehnenden Gipslager unterzogen, das, auf der Grundlage soliden, massiven Kalksteins ruhend, stellenweise 90 *m* stark ist und mit meist roten Thonschichten, die bis zu 300 *m* Mächtigkeit, z. B. im Cañon blanco,

[1]) Mit diesem geht auch das Mangan nieder.

erkennen lassen, wechsellagert. Alles Wasser, mit Ausnahme weniger eingestreuter süsser Quellen, die tief aus dem Kalkuntergrunde, zuweilen inmitten zahlreicher salziger, aufsprudeln, ist bittersalzig und enthält neben Natron Kali und Magnesia.

3. Phase. Der Salzreichtum im Busen nimmt immer mehr zu. Bei einem spezifischen Gewichte von 1.218 des Buseninhaltes beginnt Chlornatrium sich niederzuschlagen, am lebhaftesten bei 1.225, abschwächend bei 1.241 spezifischem Gewichte und ferner bei fortschreitender Konzentration langsam abnehmend, aber nie ganz aufhörend. Neben dem Steinsalze fällt immer noch Calciumsulfat, das ja fortwährend im einlaufenden Meerwasser zugeführt wird, aus und erscheint meist in inniger Mischung mit ersterem. Tritt viel Thonschlamm auf, so pflegt auch Magnesiumsulfat in geringen Quantitäten niederzugehen, — alle bittersalzhaltigen Steinsalzsorten sind etwas thonig.

Ein Barrenschluss um diese Zeit überliefert uns ein Steinsalzflötz mit darüberstehenden, sehr konzentrierten Mutterlaugen, die, sich selbst überlassen, so lange stagnieren, bis sie Durchbruch irgendwo erzwingen und in das Meer zurückkehren können.

Dem darunter gebliebenen, festen Steinsalzlager wird in seiner ursprünglichen Form nur selten eine geologisch lange Lebensdauer beschieden sein; es entbehrt eines wasserdichten Schutzes gegen die destruktiven Wirkungen der atmosphärischen und terrestrischen Feuchtigkeit, welcher ihm nur ausnahmsweise in genügendem Masse durch äolisch oder anderweitig bewirkte Überlagerung von undurchlässig werdendem Materiale zu teil werden wird.

4. Phase. Mit dem Auslaufen der Mutterlaugensalzlösungen, die spezifisch weit schwerer sind, als das durch den oberen Teil der Barrenöffnung einströmende Seewasser, verlangsamen sich die Vorgänge, wie leicht erklärlich. Die Strandgelände des Busens, aller Vegetation bar, fallen schutzlos den äolischen Kräften anheim und geben reichliches Staubmaterial für den Salzthon."

Dann bespricht Verfasser die Süsswasser-Barrenwirkungen, als welche die Bildung von Kohlenflötzen dargestellt wird, eine Darstellung, deren Bewertung in das Gebiet der Geologie gehört.

Höhenänderungen in der Umgegend von Jena. In Band III dieses Jahrbuches[1]) findet sich eine Mitteilung über Höhenänderungen, welche an einigen Orten Frankreichs beobachtet sind. Die Erscheinung dürfte vielleicht nicht so selten sein, als dort angedeutet, vielmehr dürfte häufig nur der Forscher fehlen, welcher die von Laien beobachteten Thatsachen sammelt und zusammenstellt. Diese Anschauung scheint bestätigt zu werden durch einen Artikel P. Kahle's in den Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft zu Jena, Bd. V. Dem Verfasser war zufällig bekannt geworden, dass Bewohner verschiedener Ortschaften ein Emporsteigen oder Sinken

[1]) Klein, Jahrbuch 3. p. 138.

anderer Ortschaften beobachtet haben wollten, und er erliess einen Aufruf in der Jenaischen Zeitung, welcher zur Folge hatte, dass ihm nicht weniger als dreiundzwanzig verschiedene Mitteilungen über solche Erscheinungen zugingen, welche allerdings zum Teile dieselbe Gegend betreffen, also eine gemeinsame Ursache haben könnten. Hier handelte es sich meist um Kirchtürme, welche, von einem bestimmten Punkte aus betrachtet, früher nur zum kleinen Teile, jetzt ganz sichtbar sind; z. B. war vor 30—50 Jahren von Hainichen bei Dornburg aus nur der obere Teil der Türme von Frauenpriesnitz zu sehen, während jetzt der ganze Ort sichtbar ist. Kahle lässt es ungewiss, ob die betreffenden Punkte selbst oder das zwischenliegende Terrain Höhenänderungen erlitten haben, und erwartet Aufschluss darüber von einer neuen trigonometrischen Aufnahme der Gegend[1]).

Die Lössbildung des Saltrange in Indien ist von W. Waagen dargestellt worden[2]). Nach ihm beginnt der ganze Prozess der Lössbildung, der schliesslich mit Ausbreitung des Löss über ganze Gebiete und bis zu bedeutender Höhe endet, mit Abbröckelung der Gesteine und Anhäufung von eckigen und mässig gerundeten Rollstücken an den Gehängen eines abflusslosen Gebietes. Unter dem Einflusse der Verwitterung entstehen in den Halden feine, staubartige Massen, welche ausgeblasen werden und beim Niedersinken den Löss ablagern. Zwei Bedingungen müssen zur Bildung von Löss in grösseren Massen gegeben sein: die Möglichkeit wiederholten Transportes von Staub durch Stürme und abflusslose Becken, in denen der Staub sich anhäufen kann. Sobald ein Abfluss vorhanden ist, wird der Löss alsbald wieder fortgeführt und kann keine bedeutende Mächtigkeit erreichen. Die Möglichkeit der Ablagerung des Löss ist sowohl im mittleren, als im nördlichen Teile des Saltrange über weite Strecken vorhanden. In allen den Becken, welche keinen regelmässigen Abfluss haben, befindet sich ein seichter See, dessen Wasser mehr oder weniger salzhaltig ist. Chlornatrium tritt dabei in der Regel ganz zurück. Die löslichen Bestandteile sind meist schwefel- und kohlensaures Natron, kohlensaure Magnesia und vielleicht schwefelsaure Magnesia. Diese Salze sollen bei jeder Verwitterung entstehen und werden unter den bestehenden besonderen Verhältnissen durch den gelegentlichen Regen dem See zugeführt, dessen Wassermenge je nach dem Verhältnisse von Verdunstung und Zufluss schwankt. Allmählich wird auch der Löss eines solchen abflusslosen Beckens von Salzen imprägniert. Da Löss sich nur in abflusslosen Becken anhäuft, die Anreicherung mit Salzen aber eine notwendige Folge der Abflusslosigkeit eines Beckens ist, so muss

---

[1]) Gaea 1893 p 47.

[2]) Memoirs of the Geological Survey of India. [13.] **91.** Calcutta. Der Bericht im Texte oben nach den Ausführungen von Benecke im Neuen Jahrbuche für Mineralogie 1893. **2.** p. 111 – 124.

nach Verf. ein jedes Gebiet, in welchem grössere Lössmassen vorkommen, einmal ein abflussloses Gebiet mit einem Salzsee gewesen sein. Erhielt der See einen Abfluss, so änderten sich allmählich alle Verhältnisse. Es kam bis zu vollständiger Auslaugung des Löss, dieser selbst konnte schliesslich ganz oder bis auf einzelne Reste abgeschwemmt werden. In der That unterscheidet sich der Schlamm der Flüsse in der Nähe von Lössgebieten von echtem Lösse, abgesehen von seiner tiefen Lage, nur durch den Mangel der Porosität (Röhrchen) und das Fehlen der Kalkkonkretionen (Kunkurs). Die Struktur und die Zusammensetzung erlitt bei der Abschwemmung eine Änderung.

Am nördlichen Fusse des Saltrange liegt ein ausgedehnter, flacher, von einem Systeme enger, tiefer, steilwandiger Thalfurchen durchzogener, aus Löss bestehender Landstrich, welchen die Eingeborenen mit dem Namen Khuddera bezeichnen. Unter dem Einflusse der intensiven Hitze erhärtet die Oberfläche des Löss zu einer 1—1$^1/_2$′ dicken Kruste von der Härte eines Ziegelsteines, die allmählich von Rissen durchzogen wird. Der in diesen Gegenden nur geringe Regenfall dringt durch die Rinde nicht hindurch und würde oberflächlich abfliessen, wenn er nicht durch die Spalten nach unten geführt würde. Die tiefer liegenden, nach Waagen auch hier stark salzhaltigen Lössmassen werden natürlich stark angegriffen, und so entstehen bei der Neigung des Löss, senkrecht zu zerklüften, die tiefen cañonartigen Furchen, die ein Nachbrechen der oberflächlichen Rinde bewirken und schliesslich ein mannigfach verzweigtes System von Thälern erzeugen, welche für gewöhnlich trocken sind, bei heftigen Regengüssen aber Wassermengen führen, welche jedesmal eine bedeutende Erweiterung bewirken und schliesslich die Gegend unwegsam machen.

Die ganze Lössablagerung im Saltrange ist der chinesischen, von v. Richthofen so ausgezeichnet geschilderten, ähnlich, und Verf. schliesst sich auch v. Richthofen in Beziehung auf die Erklärung der Bildung des Löss der Hauptsache nach an. Dabei verallgemeinert er aber seine Ansichten und denkt sich allen Löss, auch den europäischen, in derselben Weise wie den im Saltrange entstanden. Dort überschreitet nun die Mächtigkeit des Löss 50′ nicht, bleibt also bedeutend hinter der des chinesischen zurück. Wenn nun z. B. der böhmische Löss, der ebenfalls bis zu 50′ Mächtigkeit erreicht, gleicher Entstehung wie der indische ist, so erscheint es auffallend, dass in ihm keine Khuddera entsteht. Wiederum soll der Salzgehalt die Ursache sein. In dem feuchten böhmischen Klima wurden die Salze bald ausgelaugt, der Löss dadurch weniger verwaschbar und somit auch weniger geeignet, die Entstehung tiefer Thalrinnen zu veranlassen.

Die Dünen im nordwestlichen Teile Argentiniens sind von Dr. L. Brackebusch untersucht und geschildert worden[1]). Er unter-

[1]) Petermann's Mitteil. 1893. 7. Heft. p. 155 u ff.

scheidet Hochlandsdünen und Inlandsdünen. Erstere treten in der Nordwestecke der Provinz Catamarca auf und erstrecken sich weithin nach der Hochebene von Antofagastá auf heute chilenischem Gebiete. Es sind Flugsandablagerungen von oft 100 *m* Mächtigkeit, welche grosse Strecken des über 4000 *m* hohen Plateaus bedecken und von Fallwinden in die Hochthäler der Flüsse von Tinogasta und Belen, sowie den abflusslosen Kessel der Laguna Blanca und des Plateaus des Campo del Arenal hinabgeweht werden, so dass Erscheinungen eintreten, welche auf den ersten Blick grosse Ähnlichkeit mit Gletschern haben. „Stelzner und Lorentz haben zuerst die Aufmerksamkeit auf diese seltsamen Erscheinungen gelenkt und sprechen geradezu von Sandgletschern (vgl. Stelzner: „Beiträge zur Geologie u. s. w. der Argentinischen Republik“ I., p. 292); allein die Erklärung, welche beide ausgezeichnete Forscher von dem Phänomen geben, wonach sie von der Tiefe zur Höhe hinaufgeweht wären, muss Verf. als irrig zurückweisen; auch bezweifelt er, dass von jenen diese Ansicht ausgesprochen worden wäre, wenn sie Gelegenheit gehabt hätten, weiter zum Plateau von Antofagastá vorzudringen, wo die Flugsandbildungen eine solche Dimension annehmen, dass an ein Heraufwehen aus der Tiefe gar nicht gedacht werden kann. Die Materialien, woraus diese médanos (Dünen) sich gebildet haben, sind ursprünglich zerkleinerte glasige Nevadite, Bimssteine (welche unter anderen den mehrere Kilometer weiten Krater des Cerro Blanco östlich der Hoyada zusammensetzen), Quarzglimmerandesite (resp. -liparite), also echt vulkanischen Ursprunges; im weiteren Verlaufe der durch mächtige Stürme erfolgten Fortführung haben sich dann auch Granit-, Gneiss-, Sandsteinmaterial u. s. w. an der Zusammensetzung beteiligt. Wo die noch nicht zu Sand zerkleinerten grösseren Gesteinsbrocken liegen geblieben sind, zeigen diese, sowie das anstehende Gestein in ausgezeichneter Weise polierte Flächen; auch die oft genannten sogenannten Dreikantner finden sich hier in grosser Zahl vor; es wechseln also auf dem fast vegetationslosen Gebiete grössere Flächen von ausgeprägtem Charakter der Sand- und Kieswüsten.“

Die Inlandsdünen erstrecken sich vom Fusse der Kordilleren auf weite Strecken hin nach Osten. Es sind Halbschwestern der Hochlandsdünen. Der aus dem Hochgebirge stammende und später fortgeschwemmte Glazialschutt hat sich in mächtigen Terrassen am Rande der Vorkordilleren vorgelagert. „Die grosse Trockenheit und die Heftigkeit der von den Kordilleren sich herabstürzenden Fallwinde sind die Ursache, dass die Oberfläche dieser fast vegetationsfreien Schuttmassen sich beständig in Aufregung befindet, und ein stetes Hin- und Her- und Aneinanderschleudern der einzelnen Gesteinsbrocken stattfindet; dadurch zerkleinert sich das Material immer mehr und mehr, und das lockere Sandmaterial (den Quarzen der Muttergesteine entstammend) wird nebst dem feldspathaltigen Mulm vom Winde weit von den Berglehnen fortgeführt, und zwar in der

Richtung, welche die Hauptluftbewegung angiebt, d. h. vom Fusse der an die endlosen vorgelagerten Ebenen grenzenden S—N streichenden Gebirge nach Osten, mit Neigung nach Süden hin, weiter im Norden, wo die mit Schutt erfüllten Niederungen auch ähnliche Fallwinde von Nordwesten und Norden erhalten, in der Richtung nach Südosten und Süden. Die feldspathaltigen feineren Partikel werden mit grösserer Geschwindigkeit fortgetragen und lagern sich demnächst als lössartige Gebilde ab; die gröberen Sandpartien bleiben auf ihrem Marsche zurück und häufen sich zu jenen mächtigen Dünen auf, die auch hier médanos oder arenales genannt werden. Da sich dieser Prozess seit langer Zeit abgespielt hat, so ist die räumliche Trennung der Sanddünen und der aus leichter transportierbarem Stoffe entstandenen Lössformation leicht zu begreifen. Ein ähnliches Schicksal haben in den Flussthälern nach und nach herabgeschwemmte Sande der Hochgebirgsdünen erlitten, sobald sie durch Versiegen der Flüsse in trockene, tiefere Lagen versetzt wurden."

Die Salpeterwüste von Tarapacá und Atacama, am westlichen Fusse der Kordilleren, ist von Dr. W. Krull monographisch behandelt worden [1]). Diese Wüste liegt zwischen 69° und 70° westl. L. v. Gr. und 19° und 26° südl. Br. in völlig regenloser Zone. Dennoch geht die Verwitterung der Gesteine dort ausserordentlich rasch vor sich. Denn die Felsen, bei Tage von der brennenden Sonne ausserordentlich erhitzt, kühlen sich durch den in der Nacht auftretenden Frost rasch ab, der Zusammenhang der Massen wird gelockert, und auch die festesten Gesteine zeigen Spalten und Risse. Aschfarben erscheint die ganze Landschaft. Gegen Osten hinauf nehmen vulkanische Produkte, fein kohärente gelbgraue Erde, mit Rapilliglimmer, basaltischen Brocken, an Dicke zu, sie sind lose oder zusammenbackend, mit Salzen und Thon zusammengekittet, auch wohl mit feinem Thon überdeckt, von grauer und ziegelroter Farbe.

Die Gewässer, welche einst die Thore der Quebradas (Querschluchten oder Thäler) nach dem Meere ausgegraben, haben die engen Thäler und Schluchten mit den Verwitterungsprodukten gefüllt; auch der Wind fegt im Sommer häufig mächtige Staubwolken über die Pampa, um sie höher hinauf als Triebsand niederzulegen. Sein Material nimmt er von da, wo die vielen Auswitterungen löslicher Salze für sich oder mit Thon unter Hilfe des Taues keine dicken Krusten gebildet haben, wie solche die Oberfläche oft weithin bedecken. Die grössten Ortschaften sind Tarapacá und Pica, südlich von der Salpeterwüste. Erstere hat 8—9000 Einwohner. Diese Orte geben zugleich die Punkte an, wo sich, vermöge des Verlaufes der Quebradas, am meisten Wasser ansammeln konnte. Daselbst wird Obst-, Gemüse- und auch Rebenkultur betrieben,

[1]) Mitteil. des naturw. Vereins f. Neu-Vorpommern u. Rügen 1893. 24. Jahrg. p 38 u ff.

welche letztere einen schweren starken Wein liefert. Diese Orte haben sogar ihre Wildbäche und auch die Verwüstungen derselben, wenn die Fluten, erzeugt durch massenhaftes Schmelzwasser, von den Höhen der Anden mit elementarer Gewalt durch die Quebradas herabstürzen. Über den geologischen Aufbau bemerkt Dr. W. Krull, dass man längs der ganzen Region kristallinische Gesteine wahrnimmt, die als Granit, Syenit, Diorit u. dergl. bezeichnet werden. Man findet grobkristallinische, graue Gesteine mit grossen Glimmer- und Pyroxenkristallen, so leicht verwitterbar, dass sie bei Berührung in graues Pulver zerfallen, und nahe dabei dichte, feinkristallinische, sehr harte Felsmassen von allen Farben.

An diesen anliegend oder dieselben bedeckend, treten besonders im Küstengebiete des Nordens dichte, ganz feinkörnige, dunkle, graubraune Gesteine auf von solcher Härte, dass ihre Splitter Glas schneiden. Dieselben zeigen zuweilen eine Art Schichtung und öfters deutlich porphyrische Struktur.

An oder auf diesen findet man in demselben Gebirge in mehr oder weniger mächtiger Entwickelung sedimentäre Bildungen, welche als jurassisch erkannt worden sind, zu unterst ein rötlich dunkles, feinkörniges, sehr eisenhaltiges Gestein, darüber ein schwärzlicher Kalk, auf diesem graublauer Thonschiefer von wechselnder Dichtigkeit.

Lösliche Salze durchtränken den ganzen Untergrund der Pampa. Sie erreichen auf etwa 3—4000 *m* Höhe in und vor dem bolivianischen Hochlande eine mächtige oberflächliche Ausbreitung. Es kommen dort Salzseen und weite, Schneefeldern ähnliche, ganz oder fast ausgetrocknete Salzfelder in grosser Ausdehnung vor.

Die überall vorherrschenden Salze sind: Kochsalz, Glaubersalz, Bittersalz und Gips. Letzterer tritt hier und da in Massen, dann wieder in Bruchstücken in unendlicher Anzahl auf. Bald bildet er einen Überzug in Form eines feinen weissen Pulvers, bald wieder (südlich von Mejillones [23°]) klar- und grosskristallinische Bergmassen.

Glaubersalz neben Bittersalz herrscht mehr in der Südpampa vor, Kochsalz dagegen mehr im Norden an Hängen und kleinen Austiefungen der Ostseite der Küstenberge. Allgemein in der ganzen Region treten borsaure Verbindungen auf, stellenweise in meilenweiten Ansammlungen in den hochgelegenen Salzfeldern im Osten, z. B. bei Ascotan, bis zu den mehr beschränkten Boronatroncalcitfeldern in der Pampa wie am Westrande derselben gegenüber Pica. Gegenwärtig ist nach Krull die Borsäure im Grundwasser, wie in den Salzthonkonglomeraten längs der ganzen Pampa vorhanden. Ebenso scheint die Jodsäure, wenn auch nur in Spuren, dem ganzen Gebiete gemein zu sein.

Dagegen treten Chromsäure und Thonerdesalze nur örtlich beschränkt auf. Kalisalze scheinen auf bestimmte Regionen beschränkt zu sein. Die grossen Lager von Natronsalpeter befinden sich längs des unteren Randes der östlichen Seite des Wüstengebirges, vom

Niveau der Pampa zu geringer Höhe ansteigend, anliegend, wo der Grund steil, oder sich weit hinauf ziehend, bis 3 Meilen über langsam ansteigenden ebeneren Boden, und überall genau den Einbuchtungen der Pampa folgend. So ist die Lagerung an der Pampa del Tamarugal, welche ihren Namen von einem dort häufig wachsenpen Dornenbaume erhalten. Mehr nach Süden treten vereinzelte Bergkörper weiter nach Osten vor, zwischen denen durch flachrückenförmige Ausläufer ein System verschiedener Mulden gebildet wird, die entweder ganz mit Lagern von Caliche (d. s. die salzig-kristallinischen Krusten des Rohsalpeters) überzogen oder nur an den tieferen Stellen frei geblieben sind.

Diese Salpeterzone erstreckt sich etwa von $19^1/_2{}^0$ bis über den $21.^0$ südl. Br. Eine zweite ist auf dem oder nahe dem Westufer des Loaflusses, welche Gegend östlich vom Hafen Tocopilla belegen, den Namen el Toco führt; sanft gegen die Küstengebirge westlich ansteigend, wird sie von denselben nur wenig überragt.

Das dritte grössere Calichelager entfernt sich etwas mehr von der Küste und scheint höher zu liegen. Es lehnt sich an einen nordöstlich streichenden Höhenzug, bedeckt eine nicht sehr unebene Pampa, die gegen Osten hin steigt. Die Lager, Carmen alta u. a. liegen gerade östlich von Mejillones. Aus diesem Lager abgeleitet, muss man das salpeterhaltige Salar von Carmen bajo ansehen, welches dicht hinter der Küstenkette von Antofagastá auf nur etwas über 500 *m* Höhe gelegen ist.

Etwas weiter südlich, etwa dem $24.^0$ entsprechend, finden wir die Calicheras von Aguas blancas. Sie lagern auf stark welligem Grunde; breite, flache Rücken wechseln mit Thalsenkungen. Daneben finden sich tiefere flache Ausbreitungen, welche von ferne das Aussehen flacher Seen haben. Der Caliche liegt auch hier nur an den sanft ansteigenden Seiten der Rücken (Somos), wenig oben darauf und nichts in den Thalrinnen. Ein fünftes grosses Calichefeld breitet sich, etwa dem $25.^0$ entsprechend, in ähnlichen Verhältnissen hinter den Küstengebirgen zwischen Taltal und Paposo aus. Von beiden Häfen führen Quebradas auf die Pampa.

Ausser diesen 5 Distrikten ist, nach dem Berichte des Dr. W. Krull, noch Salpeter gefunden worden: in der Ebene nördlich von Carmen alto bei der Sierra gorda in ärmeren Lagern, auf dem Küstengebirge von Antofagastá, nördlich von Camerones, bis in die Provinz Arequipá.

Sehr auffallend und vielleicht der Ursprungserklärung dieser gewaltigen Lager dienlich, ist nach dem genannten Autor das Vorkommen von Sodanitratbänken, vorwiegend mit Glaubersalz vereinigt, in Höhen von 3—4000 *m* bei Maricunga im Süden von Atacama in den Höhen von Andes, umgeben von lauter vulkanischen Gesteinen.

Die Temperatur der ganzen Wüste ist, analog derselben an der See, auffallend gleich und wird wesentlich durch die Erhebung übers

Meer bedingt. Milde Kühle im Winter und etwas schwüle Tageswärme im Sommer charakterisieren die Seeküste.

Die Rohsalpeterschicht, welche überall durch sandige Gips- und Salzthonkonglomeratbedeckung dem Auge entzogen wird, ist von streifenden Minensuchern wohl zufällig entdeckt und in Tarapacá schon im vorigen Jahrhunderte bekannt gewesen. Das Salz bildet meist Schollen, im Ansehen den Wogen des Meeres vergleichbar. Die Zusammensetzung dieser Salzschollen ist wohl verschieden, doch lässt sich überall eine gewisse Übereinstimmung zwischen Hangendem und Liegendem feststellen. Reiner Salpeter ist sehr selten; demselben am nächsten stehen weisse, faserige, kristallinische Platten, welche in Spalten von den Rändern aus langsam ausgeschieden sein müssen. Sie enthalten Natronnitrat und -chlorid in annäherndem Atomverhältnisse = 3 : 2. Die Analysen ergeben 60 — 70 % Salpeter, der feinkörnige Caliche, der weisse sowie der gelbe, enthält alle genannten Beimischungen mit 6 — 8 % Sulfat. An Jodsäure sind besonders gelb gefärbte Caliches reich, auch Kali, Lithium, Chromsäure kommen in ihnen vor. Die gelbe Färbung tritt oft nur oberflächlich auf. Der Durchschnittsgehalt des gewöhnlichen Arbeitsmateriales ist 25—60 %, im Mittel 35—50 % Nitrat, der Salzgehalt kann auf das Doppelte des Salpeters steigen. Sulfate fehlen nie. Jod etwa 0.06—0.10 % [1]).

3. Boden- und Erdtemperatur.

Bodentemperatur - Beobachtungen zu Königsberg. In Königsberg sind Bodentemperatur-Beobachtungen an 7 Thermometern in 1″, 1′, 2′, 4′, 8′, 16′, 24′ Tiefe regelmässig angestellt worden, und zwar liegen für den Zeitraum von 1873 bis 1886 vollständige Jahresreihen vor. A. Schmidt hat diese Beobachtungsreihe einer erschöpfenden Diskussion unterzogen und gezeigt, was sich daraus wissenschaftlich ableiten lässt [2]). Die Thermometer befinden sich in einem vorzugsweise aus Kieselsäure bestehenden Boden, dessen Wassergehalt je nach den Niederschlägen und dem Grundwasserstande variiert. Abgelesen wurden die Thermometer täglich 7^h, 14^h und 20^h. Die Beobachtungen von 1879 bis 1886 sind gesondert behandelt, da durch Neubau die Verhältnisse der Umgebung sich änderten, auch konnte das tiefste Thermometer vom Februar 1879 an nicht mehr abgelesen werden, weshalb die Reihe für dieses mit Ende 1878 abbricht. Ein unmittelbar über dem Boden, im Schatten hängendes Thermometer wurde auch während der ganzen Beobachtungszeit abgelesen.

Der kälteste Monat ist für die in 1″ Tiefe gelegene Bodenschicht, also sehr nahe auch für die Oberfläche des Bodens, der Januar, der heisseste ist der Juli. Es scheint eine kleine Verzöge-

---

[1]) Die Natur 1893. p 325—327.

[2]) Schriften d. physik.-ökon. Gesellsch. in Königsberg **32.** p. 97 u ff.

rung der Extreme gegenüber denen der Lufttemperatur stattzufinden; dieselbe beträgt, soweit sich feststellen lässt, ungefähr 4 Tage. Die ganze jährliche Schwankung erreicht 20°; diejenige der Luft ist um nahezu 1° höher. Die Extreme sind für den Boden ungefähr — 1° und + 19°, für die anstossende Luft — 2.5° und + 18.3°. Die von Luther bearbeiteten, fast 32 Jahre umfassenden Messungen der Luftwärme ergaben als Extreme — 3.5° und + 17.5°. Die Amplitude ist also dieselbe wie diejenige in der untersten Luftschicht, das Minimum wie das Maximum, welche etwas verspätet erscheinen, liegen jedoch um ungefähr 1° tiefer wie in dieser, welche ihrerseits um etwa ebensoviel kälter ist als die Bodenoberfläche. Es geht daraus hervor, dass der Boden fast immer, jedenfalls aber im Durchschnitte des ganzen Jahres, Wärme an die ihn berührende Luft abgiebt.

Bezüglich der Stundenwerte ergiebt sich folgendes: Die im täglichen Mittel zwischen $1^1/_2{}^0$ (im Winter) und $^3/_4{}^0$ (im Sommer) schwankende Temperaturdifferenz zwischen Luft und Erdboden erscheint zu den einzelnen Stunden nicht unwesentlich geändert. Um 7^h schwankt sie stärker; in den Monaten April bis Juni ist sie sogar negativ, d. h. der Boden ist etwas kälter als die Luft; im Winter dagegen ist jener wesentlich wärmer als diese. Um 14^h ist die Differenz vorwiegend negativ, und zwar im Sommer bis zu — 2°; positive Werte finden sich nur in den Wintermonaten. Um 20^h endlich ist der Boden immer wärmer (um $1^0 — 1^1/_2{}^0$). Wenn man die Bedeutung dieser Zahlen für den Wärmeaustausch richtig würdigen will, muss man beachten, dass die Wärmeabgabe des letzteren bei positiver Differenz offenbar viel grösser ist, als seine Wärmeaufnahme bei gleich hoher negativer Differenz. Der thatsächliche Verlust an Wärme, den der Boden erleidet, wird also grösser sein, als der aus den Mittelzahlen folgende.

Die Differenz zwischen den Ablesungen um 7^h und 14^h, welche Differenz etwas kleiner ist als die tägliche Schwankung, geht im Winter unter 1° herab und erreicht im Sommer den Betrag von 6°. Diejenige der Lufttemperatur ist um 1° — 2° grösser, wie sich schon aus den vorhergehenden Angaben ableiten lässt.

Was die Mittelwerte betrifft, so ist anzuführen, dass die Oberflächentemperatur um 1° höher ist als die Temperatur der untersten Luftschicht, ein im Vorhergehenden bereits erwähntes Resultat. Im Boden selbst findet dann eine allmähliche, der Tiefe nahezu proportionale Temperaturzunahme statt. Für die mittlere jährliche Temperatur u in der Tiefe von x Metern ergiebt sich für die Jahre 1873 — 1878 $u = 8.163 + 0.0503\,x$; für 1879 — 1886 $u = 8.165 + 0.0631\,x$ und für die Jahre 1873—1886 $u = 8.164 + 0.0577\,x$. Anomalien, wie sie Wild aus den freilich nur eine kürzere Zeit erfüllenden Beobachtungen zu Katharinenburg und Petersburg erhielt, zeigen sich nicht. Die geothermische Tiefenstufe ergiebt sich aus den Angaben sämtlicher Thermometer zu 17.3 *m*, während bei Weg-

lassung der obersten Schichten die Temperatur erst in 35.8 *m* Tiefe um 1^{0} steigt, eine geothermische Tiefenstufe, welche mit den sonst gefundenen Zahlen befriedigend übereinstimmt. Aus der Tiefenstufe lässt sich die Wärmemenge berechnen, welche die Erde mehr ausstrahlt, als sie erhält. Es ergiebt sich, dass im Laufe eines Tages durch 1 *cm* in beliebiger Tiefe, also z. B. an der Oberfläche, durchschnittlich 0.106 Kalorien nach aussen strömen. Der Wärmeverlust im ganzen Jahre beträgt also 38.8 Wärmeeinheiten auf jedes Quadratzentimeter.

Das niedrigste Monatsmittel in 1″ Tiefe während der 14-jährigen Reihe besass der Januar 1876 mit — 6.23^{0}; das wärmste kam dem Juli 1873 mit 20.91^{0} zu. Das kälteste Tagesmittel fiel auf den 25. Dez. 1876 und betrug — 12.02^{0}, während am folgenden Morgen um 7^{h} die tiefste, in 1″ Tiefe überhaupt gemessene Temperatur — 13.27^{0} herrschte. 2 Tage früher trat die tiefste Lufttemperatur am Boden mit — 25.48^{0} ein. Hinter diesem Werte bleibt somit das äusserste Minimum der Bodentemperatur noch weit zurück. In 1′ Tiefe war das niedrigste Tagesmittel — 6.60^{0} (am 26. Dezember 1876), die tiefste Temperatur — 6.84^{0} (an demselben Tage um 7^{h}). In 2′ Tiefe sind diese Zahlen — 3.19^{0} (am 11. Januar 1876) und — 3.26^{0} (am Tage vorher um 14^{h}). In 4′ Tiefe machte sich dieselbe Kälteperiode geltend und führte am 19. Januar 1876 das absolute Minimum 0.64^{0} herbei. Es ist hiernach während der Jahre von 1873 bis 1886 der Frost bis zu einer Tiefe von höchstens 1.2 *m* in den Boden eingedrungen.

Die höchsten Tagesmittel und Stundenwerte waren in 1′ Tiefe bezw. 25.53^{0} (am 12. Juli 1873) und 30.84^{0} (am gleichen Tage um 14^{h}), in 1′ Tiefe 21.83^{0} und 22.63^{0} (am 28. Juli 1873, Maximum um 20^{h}), in 2′ Tiefe 20.30^{0} und 20.40^{0} (am 16. Juni 1885, Maximum um 7^{h}) und endlich in 4′ Tiefe 16.81^{0} und 16.91^{0} (am 18. Juli 1885, Maximum um 7^{h}).

Sonach ergiebt sich, dass bei den Tagesmitteln die tiefsten Minima beträchtlich weiter unter den normalen Wert sinken, als sich die höchsten Maxima über ihren mittleren Betrag erheben.

Temperaturmessungen im Bohrloche zu Knurow bei Gleiwitz. Köbrich hat[1]) hier Messungen angestellt unter Verhältnissen, welche eine etwaige Einwirkung des Spülwassers auf die Thermometerangaben ausschliessen. Die Bohrungen waren im Juni 1891 eingestellt worden, als das Bohrloch 703 *m* Tiefe erreicht hatte. Von diesen gehören die oberen 295.8 *m* dem Diluvium und unteren Tertiär an, der Rest produktiver Steinkohlenformation. Die Verröhrung reichte bis 660 *m* Tiefe hinab; der untere Teil von 43 *m* war frei, ohne Röhren. Nachdem das Bohrloch in seinem unteren Teile auf 25 *m* Höhe mit einem Thonbreie ausgefüllt war, um den Einfluss der Wasserströmungen abzuschneiden, wurde der Mess-

[1]) Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen 1893. **41.** p. 50.

apparat am 12. Juli 1891 eingeführt, 4 Stunden in 698.72 *m* Tiefe gelassen und dann wieder heraufgeholt; die Beobachtung der 6 Röhrchen des Apparates ergab im Mittel eine Temperatur von 31.33° C.

Hierauf wurde der Apparat noch an demselben Tage genau auf dieselbe Stelle in 698.72 *m* Tiefe zurückgebracht, das Gestänge abgeschraubt und heraufgeholt, der Apparat selbst noch 6 *m* mit Letten bedeckt und fest eingestampft und hiernach das Bohrloch verlassen. Im Juni 1892 wurde die Bohrarbeit wieder aufgenommen und der Messapparat wieder zu Tage gefördert. Die am 21. Juni vorgenommenen Ablesungen der heraufgebrachten 6 Quecksilberröhrchen ergaben im Mittel eine Temperatur von 31.49° C.

Die nach elfmonatlichem Stillstande der Thermometer im Beobachtungsniveau ermittelte Temperatur übertrifft also in der That die nach nur vierstündigem Stillstande ermittelte Wärme um 0.16° C. Indessen ist diese Differenz doch so gering, dass sie kaum mehr als einen der Beobachtungsfehler bedeutet, welche in der Unvollkommenheit der Messinstrumente ihre Begründung haben. Verf. glaubt, dass, wenn man der beim Bohrbetriebe verwendeten Wasserspülung einen Einfluss auf die Beobachtungsergebnisse überhaupt einräumen müsse, man diesen Einfluss ungleich höher geschätzt hat, als der Versuch bei Knurow zeigte.

4. Erdmagnetismus.

Eine eigentümliche Abweichung der Magnetnadel im Rapakigebiete bei Wiborg wird von A. F. Tigerstedt mitgeteilt[1]. Sie zeigt sich auf einer Zone beim Dorfe Lautala, nahe der Eisenbahnstation Nurmis, und ist nach dem Verf. auf das Vorhandensein von sonst unbekannten Magneteisenlagerstätten zurückzuführen.

Die angeblichen magnetischen Störungen auf Island. Auf dem französischen Aviso „la Manche" sind auf dessen wissenschaftlicher Expediton im Sommer 1892 auch erdmagnetische Beobachtungen auf der Insel Island angestellt worden. Aus diesen ergiebt sich, dass die Störungen, welche man der Bussole in Island und in den arktischen Regionen zuzuschreiben pflegt, auf einer Legende beruhen, ähnlich der, welche Jahrhunderte lang sich erhalten betreffs besonderer Anziehungen des Kap Finisterre (Spanien) und einiger anderer Punkte der Erde. Das einzig Wahre an der Sache ist, dass die Horizontalkomponente und die magnetische Intensität schnell abnehmen, wenn man sich dem Pole nähert, nur lokale Einflüsse erzeugen am Kompasse sehr merkliche Störungen. Die auf dem Lande gemachten Beobachtungen zeigen, dass die ungünstigsten Verhältnisse, besonders in Reykjavik, niemals die Magnet-

---

[1]) Fennia 5. Nr. 5.

nadel um mehr als 2°—3° gestört haben; zu Wasser war der Einfluss unbedeutend[1]).

Die Gleichzeitigkeit magnetischer Störungen an verschiedenen Orten der Erde ist von W. Ellis untersucht worden[2]). Es ergab sich, dass die Anfangsimpulse, welche den magnetischen Störungen vorausgehen, in demselben Zeitmomente, oder nahezu, auf der ganzen Erde auftreten; ferner dass die Änderung, die zu solchen Zeiten in dem Zustande des Erdmagnetismus auftritt, in allen Fällen im ganzen einen gleichen Charakter besitzt. Eine bestimmte magnetische Wirkung wird plötzlich und gleichzeitig erzeugt, in welcher die Änderungen der magnetischen Elemente, obwohl verschieden an verschiedenen Plätzen, bei verschiedenen Gelegenheiten lokal ähnlich sind und somit einen Typus magnetischer Erscheinungen bilden, welcher sich gewöhnlich in derselben Weise wiederholt und in der Regel eine magnetische Störung oder einen Sturm vorhersagt oder einleitet.

Ferner fand sich, dass in Greenwich die plötzlichen magnetischen Stösse, welche der Störung unmittelbar vorhergehen oder sie beginnen, zeitlich zusammenfallen mit einem jedesmaligen plötzlichen Auftreten eines Erdstromes, welcher um einige Sekunden dem magnetischen Impulse voraus ist und stets dieselbe Beziehung zu den magnetischen Bewegungen hat, indem Zunahme der magnetischen Deklination, der Horizontalkraft und der Vertikalkraft begleitet ist von einem Strome in ein und derselben Richtung, und Abnahme dieser Elemente von einem Strome in entgegengesetzter Richtung. Ein ähnliches zeitliches Zusammenvorkommen zwischen solchen magnetischen Bewegungen und Erdströmen ist voraussichtlich auch für die anderen Orte richtig.

„Wenn," sagt Ellis, „die nahe zeitliche Beziehung, welche somit zwischen der anfänglichen magnetischen und Erdstrombewegung zu Greenwich festgestellt ist, auch allgemein während des Verlaufes eines magnetischen Sturmes gültig ist, so scheint jede Schwierigkeit beseitigt für die Annahme, dass die unregelmässigen Änderungen der magnetischen Deklination und Horizontalkraft durch begleitende Erdströme hervorgebracht sein können. Aber wenn auch die Änderungen der Horizontalkraft während einer magnetischen Störung den Änderungen des Erdstromes nahe folgten, zeigen diejenigen der Inklination nicht dieselbe Beziehung, und die Änderungen der Vertikalkraft müssen noch erklärt werden; ausserdem scheint es nun definitiv festzustehen, dass die tägliche magnetische Schwankung nicht abhängt vom Erdstrome, da die steile Schwingung dieser Kurve (wenn ungestört) begleitet ist von einer verhältnismässigen Ruhe des Erdstromes."

---

[1]) Naturw. Rundschau 1893. Nr. 4 p. 52.
[2]) Proceedings of the Royal Society 1892. 52. Nr. 316. p. 191.

Änderungen in der örtlichen Intensität des Gesteinsmagnetismus. E. Oddone hat[1]) Untersuchungen über die Schwankungen, welche der Magnetismus des Gesteins zeitlich und örtlich erleidet, angestellt. Die Beobachtungen wurden an einer Masse der magnetischen basaltischen Lava angestellt, die auf den Colli Laziali zu Rocca di Papa auf einem isolierten Punkte sich befindet in einer Höhe von 800 *m* über dem Meere, mit freiem Horizonte, und die wenig besucht wird. Sie besitzt einen ausgezeichneten Punkt, der leicht zugänglich ist, und erwies sich aus diesem Grunde für die geplante Untersuchung besonders geeignet. Die Masse taucht aus dem Boden in Gestalt eines Kegels empor, der in der Richtung OW 2 *m* lang und durchnittlich 1 *m* hoch und breit ist. Das Gestein besitzt zwei gesonderte magnetische Zonen, eine intensiv südmagnetische befindet sich am unteren Teile des Kegels und sieht nach Nord, die andere nordmagnetische ist unregelmässig über den unteren Teil im Süden des Gesteins verteilt. Die begrenzte südmagnetische Zone musste zum Gegenstande der Beobachtung gemacht werden. Ihr gegenüber wurde ein Pfeiler aus unmagnetischem Materiale aufgemauert zur Aufstellung des Beobachtungsinstrumentes. Zweck der Untersuchung war, nacheinander an verschiedenen Tagen und in verschiedenen Tagesstunden die magnetische Intensität des Feldes an einem festen Punkte in der Nähe des Felsens zu messen. Verwendet wurde hierzu ein Magnetometer, dessen Schwingungsdauer bestimmt wurde.

Die Messungen wurden in der Zeit vom November 1891 bis Mitte Februar 1892 ausgeführt. Es ergab sich, dass die Dauer der Oszillation und die Deklination in der Nähe des Gesteins mit der Zeit sich bedeutend verändern. Ganz besonders treten 2 Eigentümlichkeiten hervor: 1. Obwohl die Schwingungsdauer und die Deklination verschiedene Maxima und Minima zeigen, lassen sie in den 5 Beobachtungsmonaten eine Tendenz zu wachsen erkennen, und zwar weist die Schwingungsdauer eine Gesamtsteigerung um 2" auf und die Deklination eine Zunahme um etwa 5°. 2. Die Schwingungsdauer und die Deklination zeigen eine sehr ausgesprochene tägliche Periode, welche in fast allen, wenn auch nicht genau in allen Beobachtungen durch ein Maximum in den ersten Mittagsstunden sich auszeichnet. Im allgemeinen nahm mit dem Wachsen der Horizontalintensität die Deklination zu und umgekehrt; nichtsdestoweniger fand man auch, was die Untersuchung komplizierter macht, einige Male eine vollständige Unabhängigkeit beider Erscheinungen.

Nach Oddone scheint die in den 5 Monaten beobachtete Zunahme, wie auch die tägliche Periode von Änderungen der Richtung und Intensität des Feldes in der Nähe des Gesteins herzurühren. Die eigentliche Ursache ist dunkel, doch ist eine Einwirkung der

---

[1]) Il nuovo Cimento 1893. [3.] **33.** p. 115.

Temperatur des Gesteins nicht nachweisbar. Verf. meint, dass dieselbe Ursache, welche jetzt das magnetische Feld verändert, ein andermal es erzeugt haben kann, und daher müsse die Entstehungsursache wirklich als eine physikalische anerkannt werden, welche nach dem Erstarren des Gesteins zur Wirkung kam und noch fortfahren kann zu wirken.

Erdmagnetische Beobachtungen in der Schweiz hat Dr. J. B. Messerschmitt angestellt[1]). Er bediente sich dazu eines Meyer'schen Gebirgsmagnetometers. Die Beobachtungen geschahen an 13 Punkten, und die Inklination wurde auf allen Stationen gegen 62° gefunden. Als Ausgangspunkt sind die Beobachtungen in Glion genommen. Es zeigen sich deutlich leichte lokale Störungen, z. B. auf dem Napfberge (1320 *m* Höhe), wo die Zunahme des Erdmagnetismus mit der Höhe sehr gut ausgesprochen ist, während er in Bad Gurnigel mit der Höhe abnimmt.

Über die tägliche Periode des Erdmagnetismus verbreitet sich J. Liznar[2]). Die regelmässigen Variationen besitzen eine tägliche, 26-tägige, jährliche und säkulare Periode; sie zeigen sich ausserdem abhängig vom Fleckenstande der Sonne, indem in den Jahren, wo die Fleckenhäufigkeit grösser ist, auch die Amplitude der täglichen Periode eine grössere wird. Bei genauer Verfolgung der Störungen findet man, dass auch diese zu bestimmten Tages- und Jahreszeiten häufiger auftreten als zu anderen Zeiten, dass sie auch häufiger und intensiver sind zur Zeit der Fleckenmaxima. Obwohl über die Variationen ein ziemlich umfangreiches Beobachtungsmaterial gesammelt worden ist, sind wir doch nicht in der Lage, uns ein klares Bild über die Verschiedenheit der Variationen nach Raum und Zeit zu bilden, noch weniger aber, jene Ursache anzugeben, welche diese mannigfachen Veränderungen hervorbringt. Die bestbekannte Periode ist die tägliche, obwohl wir auch bei dieser über so manches noch im Unklaren sind. So ist uns bisher ganz unbekannt gewesen, nach welchem Gesetze sich die tägliche Periode in den verschiedenen Breiten ändert, bezw. wie sich diese Periode in verschiedenen Breiten abspielt. Vergleicht man den täglichen Gang der einzelnen erdmagnetischen Elemente in verschiedenen Breiten, so lässt sich eine gesetzmässige Abhängigkeit von der geographischen Breite schwer erkennen, und doch ist diese Erkenntnis höchst notwendig, wenn an eine Erklärung der täglichen Periode gedacht werden soll.

Verf. zeigt nun, anknüpfend an eine frühere Publikation, wie sich für die tägliche Periode der Richtung eine gesetzmässige Abhängigkeit von der geographischen Breite in sehr einfacher Weise erkennen lässt. Er erhielt Kurven für die tägliche Bewegung, welche für die einzelnen Orte sehr voneinander verschieden er-

---

[1]) 6. Jahresbericht d. Physik. Gesellsch. in Zürich 1892. p. 9 u ff.
[2]) Meteorol. Zeitschr. 1893. p. 369.

scheinen. Doch lässt sich zwischen ihnen eine gewisse Beziehung erkennen. „Die Kurven der in der Nähe der Pole und des Äquators gelegenen Stationen sind mehr nach der Inklinations-, jene der mittleren Breiten mehr nach der Deklinationsrichtung gestreckt. Im Sommer bilden die Kurven eine einfach geschlossene Kurve, nur in Tiflis und Zi-ka-wei treten dieselben in Form von Schleifen auf. Der Flächeninhalt der Kurve ist am grössten für die Polarstation Jan Mayen, wird in Pawlowsk und Parc St. Maur bedeutend kleiner und erreicht in Tiflis und Zi-ka-wei ein Minimum, um dann an den äquatornahen Orten Bombay und Batavia einen sehr bedeutenden Betrag anzunehmen. An den vom Äquator entfernteren Stationen Melbourne und Kap Horn nimmt die Grösse des Flächeninhaltes wieder bedeutend ab. Ob sich die Grösse der täglichen Bewegung mit der Annäherung an den Südpol ebenso ändert, wie dies in arktischen Gegenden aus der Darstellung für Jan Mayen ersichtlich ist, lässt sich wegen Mangel an Beobachtungsmaterial in hohen südlichen Breiten nicht direkt zeigen, ist jedoch höchst wahrscheinlich. Eine zweite auffallende Thatsache bildet der Umstand, dass, mit Ausnahme von Jan Mayen und der dem Äquator nahen Stationen Bombay und Batavia, die im Sommer während der Nachtstunden ausgeführte Bewegung einen nur verhältnismässig kleinen Bruchteil desjenigen Weges bildet, welchen die Nadel im Laufe von 24 Stunden zurücklegt. An den Stationen Bombay und Batavia ist der Unterschied nicht so bedeutend, jedoch immerhin ganz deutlich zu ersehen. In den mittleren Breiten spielt sich demnach die Erscheinung am Tage ab, der Nacht fällt nur eine ganz untergeordnete Rolle zu. Im Winter ist die tägliche Bewegung viel kleiner und unregelmässiger als im Sommer, die Kurven zeigen zu dieser Zeit Formen, welche nicht nur untereinander, sondern auch von jenen des Sommers ganz abweichen. Wenn wir noch die Richtung der Bewegung genau verfolgen, so finden wir, dass sie im Sommer an den Stationen Pawlowsk, Parc St. Maur, Melbourne und Kap Horn im Sinne des Uhrzeigers erfolgt, während dieselbe an der Polarstation Jan Mayen, sowie an den äquatornahen Orten Bombay und Batavia gerade den umgekehrten Sinn hat. Am kompliziertesten ist die Bewegung in Tiflis und Zi-ka-wei, wo, wie früher erwähnt wurde, die Kurven Schleifen bilden, in deren einem Teile die Bewegung im Sinne des Uhrzeigers, im anderen aber im entgegengesetzten Sinne erfolgt. Im Winter ist die Bewegung viel unregelmässiger, und treten fast an allen Stationen Schleifenbildungen auf; es kommt auch vor, dass die Richtung der Bewegung entgegengesetzt gegen jene des Sommers wird, wie dies bei Pawlowsk am schönsten zu sehen ist.

Die hier aus den Beobachtungen von nur wenigen Orten abgeleiteten Resultate genügen selbstverständlich durchaus nicht, um uns ein vollständiges Bild über die Verschiedenheit der täglichen Bewegung in den verschiedenen geographischen Breiten zu geben; denn wir können hieraus nicht ersehen, wie sich der Übergang von

der polaren und äquatorialen Bewegung zu jenen der mittleren Breiten gestaltet, ebenso wie wir über die Gegend mit dem wirklichen Minimum der Bewegung im Unklaren bleiben.

Die Thatsache, dass im Sommer die Bewegung der Magnetnadel in der Nähe des Poles und des Äquators (ob nördlich oder südlich) im selben Sinne, und zwar gegen den Uhrzeiger erfolgt, während sie in mittleren Breiten mit demselben vor sich geht, steht mit der bisherigen Anschauung über die Bewegung der Magnetnadel auf der Nord- und Südhemisphäre im Widerspruche, denn nach dieser soll sich das Nordende der Magnetnadel auf beiden Hemisphären entgegengesetzt bewegen. Diese Thatsache dürfte einen wichtigen Fingerzeig beim Forschen nach der Ursache der täglichen Variation bilden."

Obwohl die Variationen des Erdmagnetismus eine so ausgesprochene Abhängigkeit von der Sonne zeigen, so lässt sich doch durch Rechnung nach den früher aufgestellten Formeln indirekt der Beweis erbringen, dass die beobachteten Variationen nicht durch eine direkte magnetische Wirkung der Sonne zu stande kommen. Wenn eine magnetische Kraft wirksam wäre, die ihren Sitz in der Sonne hat, so müsste die Rechnung für jede Stunde des Tages und für alle Orte der Erdoberfläche die ablenkende Kraft gleich gross ergeben, und ihre Richtung würde stets nach der Sonne weisen.

Verf. zeigt, dass dies nicht der Fall ist, und sonach muss man schliessen, dass die beobachteten täglichen Bewegungen der Magnetnadel nicht durch eine direkte magnetische Wirkung der Sonne verursacht sein können, dass sie vielmehr einer indirekten Wirkung zugeschrieben werden müssen. „Zu dieser Erkenntnis," sagt Liznar, „ist man freilich schon vor Dezennien auf einem ganz anderen Wege gekommen; es hat aber immer Leute gegeben, welche mit den Erscheinungen nur unvollkommen vertraut waren und den Gedanken, die Sonne könnte als Magnet wirken, von neuem verfolgten.

Worin die vorhin erwähnte indirekte Wirkung der Sonne besteht, ist vorläufig unbekannt, doch scheint es mir, dass hierbei der Lufthülle eine wichtige Rolle zugeschrieben werden muss, und dass daher das Kapitel über Erdmagnetismus in einer innigeren Beziehung zur Meteorologie steht, als wir bisher anzunehmen gewohnt waren."

Die absoluten Werte der Deklination und Horizontalintensität zu Bombay sind seit 1867 von Ch. Chambers durch wöchentliche Beobachtungen bestimmt worden [1]). Hiernach erreichte die östliche Deklination dort anfangs 1880 ihr Maximum, um wieder abzunehmen. Sie betrug 1890 47° 34'. Chambers findet, dass die Horizontalintensität 1879—1880 ebenfalls im Maximum war, doch ist dies zweifelhaft. Was den jährlichen Gang der östlichen Deklination anbelangt, so ist dieselbe grösser im März, April, Oktober

[1]) Magnet. and meteor. Observ. at the Soc. Obs. Bombay 1890.

und November, kleiner im Mai, Juni, Juli, Dezember, Januar und Februar.

Die Sonne und die Störungen des Erdmagnetismus. Bekanntlich ist von verschiedenen Forschern die Hypothese vertreten worden, dass die erdmagnetischen Störungen direkt durch Vorgänge auf der Sonne verursacht würden. Diese Hypothese ist von Lord Kelvin in der letzten Jahresversammlung der Königl. Astronomischen Gesellschaft zu London näher beleuchtet worden, wobei sich ihre Unhaltbarkeit ergiebt.

Der Abstand der Erde von der Sonne, sagt Lord Kelvin, ist 228 mal grösser als der Sonnenhalbmesser, und der Kubus dieser Zahl ist rund 12 Millionen. Wenn daher die Sonne ein kugelförmiger Magnet wäre, und wenn sie dieselbe durchschnittliche Magnetisierungsintensität wie die Erde besässe, so würde, nach dem bekannten Gesetze von der Abnahme der magnetischen Kraft mit der Entfernung, die von der Sonne herrührende magnetische Kraft in der Entfernung der Erde in jeder Richtung nur 1 Zwölfmilliontel der wirklichen Kraft des Erdmagnetismus an irgend einem Punkte der Erdoberfläche in einer entsprechenden Stellung zur magnetischen Axe betragen. Daher muss die Sonne ein Magnet von durchschnittlich ungefähr 12 000-maliger Intensität des Erdmagnets sein, um durch direkte Wirkung, einfach als Magnet, irgend eine Störung des Erdmagnetismus hervorzubringen, die von den Instrumenten unserer magnetischen Observatorien angezeigt werden kann.

„Erwäge ich die Wahrscheinlichkeiten und Möglichkeiten bezüglich der Geschichte der Erde von ihrem Anfang bis zur Jetztzeit, so finde ich es indessen undenkbar, dass der Erdmagnetismus von der Grösse und der Rotation der Erde herrühre. Wenn es wahr ist, dass der Erdmagnetismus eine notwendige Folge der Grösse und der Rotation der Erde ist, so müssen andere Körper, die in diesen Eigenschaften mit der Erde vergleichbar sind und auch in betreff des Materiales und der Temperatur mit der Erde verglichen werden können, nämlich Venus und Mars, auch Magnete sein, die an Stärke mit dem Erdmagnete vergleichbar sind, und sie müssen, ähnlich wie die Erde einen Nordpol und Südpol hat, im Norden und Süden vom Äquator Pole besitzen, da die Richtungen ihrer Rotationen, von der Nordseite der Ekliptik gesehen, dieselben sind wie die der Erde. Es scheint auch wahrscheinlich, dass die Sonne wegen ihrer grossen Masse und ihrer der Umdrehung der Erde gleich gerichteten Rotation ein Magnet ist mit Polen an der Nord- und Südseite ihres Äquators, ähnlich den magnetischen Nord- und Südpolaritäten der Erde. Da die äquatoriale Oberflächengeschwindigkeit der Sonne nahezu vier und ein halb mal so gross ist als die der Erde, scheint es wahrscheinlich, dass das durchschnittliche magnetische Moment der Sonne das der Erde viel bedeutender übertrifft als im Verhältnisse ihrer Masse. Absolut ohne Kenntnis darüber, in welcher Weise kalte, feste, rotierende Körper, wie Erde, Venus, Mars, oder heisse,

flüssige, rotierende Körper, wie die Sonne, den sie rings umgebenden Äther beanspruchen, können wir nicht in Abrede stellen, dass die Sonne möglicherweise ein 1000, oder 10 000 oder 100 000 mal so intensiver Magnet sei als die Erde. Es ist somit nicht widersinnig, zu untersuchen, ob eine Störung des Erdmagnetismus existiere, von der Art, dass sie hervorgebracht sein könnte durch einen konstanten Magnet an dem Orte der Sonne, dessen magnetische Axe mit der Rotationsaxe der Sonne zusammenfällt. Vernachlässigt man zunächst die geringe Neigung des Sonnenäquators, und nimmt man an, dass die Axe genau senkrecht zur Ekliptik steht, so hat man einen sehr einfachen Fall magnetischer Wirkung vor sich, nämlich eine magnetische Kraft senkrecht zur Ekliptik in jedem Teile der Erdbahn, die sich umgekehrt ändert wie der Kubus des Abstandes der Erde von der Sonne. Die Komponenten dieser Kraft parallel und senkrecht zur Erdaxe sind bezw. 0.92 und 0.4 der ganzen Kraft, und von ihnen könnte die erstere nur wahrgenommen werden infolge des wechselnden Abstandes der Erde von der Sonne im Laufe eines Jahres, während die letztere eine tägliche Variation veranlassen würde, wie sie auch beobachtet werden würde, wenn das eine Ende der irdischen Magnetnadel angezogen würde von einem ideellen Sterne, dessen Dekl. 0^{0}, und dessen Rektasz. 270^{0} ist. Um daher die Störungen des Erdmagnetismus zu entdecken, welche von einer direkten Wirkung der Sonne als Magnet herrühren, müssten die photographischen Kurven der drei magnetischen Elemente, welche jedes Observatorium liefert, für die jährliche Periode und eine dem siderischen Tage gleiche Periode analysiert werden. Wir haben so zwei sehr einfache Probleme, von denen jedes leicht gesondert behandelt werden kann.

Angenommen nun, die Antwort, die in beiden Fällen gefunden worden wäre, lautete, die Ursache der Störungen sei eine äussere, so dürfen wir darum allein nicht annehmen, dass diese Ursache eine direkte Wirkung der Sonne als eines Magnets sei. Die Grösse gewisser Störungsglieder, die bei der Analyse gefunden worden, von denen keines durch die direkte Wirkung der Sonne als Magnet erklärt werden kann, beweisen eine relativ grosse Wirkung irgend eines anderen äusseren Einflusses, vielleicht der elektrischen Ströme unserer Atmosphäre. Welches auch die Ursache sein mag für die Halbtages- und höheren Glieder, so wird sie wahrscheinlich auch eine Schwankung in der Sonnentagesperiode zeigen wegen des Temperaturunterschiedes bei Nacht und bei Tage und eine siderische und Jahresperiode wegen des Temperaturunterschiedes zwischen Sommer und Winter.

Selbst wenn wir, was nicht sehr wahrscheinlich scheint, durch die Analyse zu dem Glauben geführt würden, dass die magnetische Kraft der Sonne hier auf der Erde direkt wahrnehmbar sei, sind wir ganz sicher, dass diese stetige Kraft sehr bedeutend geringer ist, als die sich plötzlich ändernde Kraft, welche wir seit der Zeit, da

Edward Sabine (vor 40 Jahren) einen scheinbaren Zusammenhang zwischen Sonnenflecken und erdmagnetischen Stürmen entdeckt hat, fast gedrängt worden sind, irgend einer störenden Ursache auf der Sonnenoberfläche zuzuschreiben.

Als einen der ersten Belege für diesen Glauben möchte ich folgende bemerkenswerten Sätze anführen aus Armstrong's Präsidentenrede auf der British Association zu Newcastle im Jahre 1863:

„Auch die Sympathie, welche zu existieren scheint zwischen Kräften, die in der Sonne wirksam sind, und magnetischen Kräften, welche der Erde angehören, verdient eine Fortsetzung der sorgfältigen Beachtung, welche sie bereits von der British Association erfahren, und solcher Arbeiten, wie sie General Sabine mit soviel Geschick und Erfolg der Aufklärung des Gegenstandes gewidmet hat. Ich möchte hier jene höchst merkwürdige Erscheinung erwähnen, welche von unabhängigen Beobachtern an zwei verschiedenen Orten am 1. September 1859 beobachtet ist. Ein plötzlicher Lichtausbruch, der die Helligkeit der Sonnenoberfläche weit übertraf, wurde beobachtet und bewegte sich wie eine treibende Wolke über einen Teil der Sonnenoberfläche. Derselbe war begleitet von magnetischen Störungen ungewöhnlicher Intensität und vom Auftreten ausserordentlich glänzender Nordlichter. Der identische Moment, in dem die Lichtausströmung beobachtet war, war aufgezeichnet durch eine plötzliche und stark ausgesprochene Ablenkung der selbstregistrierenden Instrumente in Kew. Das gesehene Phänomen war wahrscheinlich nur ein Teil dessen, was wirklich vor sich gegangen, denn der magnetische Sturm, in dessen Mitte es auftrat, hatte vorher angefangen und dauerte nach dem Ereignisse fort. Wenn in solchem Falle eine Vermutung zulässig ist, so könnten wir annehmen, dass dieses merkwürdige Ereignis irgend welchen Zusammenhang habe mit den Mitteln, durch welche die Sonnenwärme erneuert wird. Es ist eine vernünftige Annahme, dass die Sonne zu jener Zeit mehr als die gewöhnliche Zufuhr neuer Energie empfangen hat; und die Theorie, welche die Unterhaltung ihrer Kraft kosmischer Materie zuschreibt, welche in dieselbe mit jener fabelhaften Geschwindigkeit stürzt, welche die Gravitation ihr mitteilen würde, wenn sie sich bis zur wirklichen Berührung mit der Sonne ihr nähert, würde eine Erklärung geben für jenes plötzliche Erscheinen verstärkten Lichtes, in Übereinstimmung mit der Erkenntnis, die wir jetzt erlangt haben, dass aufgehaltene Bewegung durch äquivalente Wärme repräsentiert wird."

Sicherlich war es eine sehr verführerische Hypothese, dass eine grosse Menge meteorischer Substanz, welche plötzlich in die Sonne fällt, die Ursache ist oder eine von den Ursachen jener Störungen, von denen die magnetischen Stürme auf der Erde veranlasst werden. Wir können nämlich, da wir wissen, dass Meteoriten auf die Erde fallen, annehmen, dass viel mehr Meteore auch in die Sonne fallen. Astronomische Gründe haben mich aber schon längst zu dem

Schlusse geführt, dass ihre Menge im Jahre oder im Jahrhunderte oder in 1000 Jahren viel zu klein ist, um die Energie zu liefern, welche von der Sonne in Form von Wärme und Licht ausgegeben wird. Ich stimme vielmehr Helmholtz' Theorie bei, dass die von der Gravitation bei der Zusammenziehung des Sonnenballes geleistete Arbeit die wahre Quelle der Sonnenwärme ist, die gegenwärtig ausgegeben wird, und dass es so gewesen mehrere Hunderttausende oder mehrere Millionen Jahre hindurch. Es ist jedoch wohl möglich, dass der von Armstrong beschriebene Helligkeitsausbruch hergerührt haben mag von ausserordentlich bedeutendem und plötzlichem Auffallen von Meteormasse, sei es nun direkt aus dem ausserplanetaren Raume oder aus der näheren Umgebung der Sonne. Aber es erscheint mir viel wahrscheinlicher, dass er herrührte von einer verstärkten Helligkeit, die über einem weiteren Gebiete der Oberfläche als gewöhnlich hervorgebracht war durch glänzend glühende Masse, die von unten emporstieg, um den Ort von Materie einzunehmen, die von der Oberfläche niedersinkt, weil sie abgekühlt worden in dem regelmässigen Regime der Sonnenstrahlung. Es scheint nämlich sehr unwahrscheinlich, dass Meteore zu irgend einer Zeit in die Sonne in hinreichender Menge hineinfallen, um dynamische Störungen an ihrer Oberfläche hervorzubringen, die überhaupt vergleichbar sind mit den riesigen Stürmen, die faktisch hervorgebracht werden durch heisse Flüssigkeit, welche von unten aufsteigt und sich über die Oberfläche der Sonne ausbreitet.

Nun wollen wir aber einen Augenblick die Arbeit erwägen, welche auf der Sonne geleistet werden muss, um einen magnetischen Sturm auf der Erde zu erregen. Nehmen wir z. B. den magnetischen Sturm vom 25. Juni 1885, von dem Adams die Einzelheiten in einer Abhandlung vom Juni 1891 gegeben. Wir finden an 11 Orten, Petersburg, Stonyhurst, Wilhelmshaven, Utrecht, Kew, Wien, Lissabon, San Fernando, Colaba, Batavia und Melbourne die Horizontalkraft bedeutend vermehrt von 2^h bis 2.10^h p. m. und an allen diesen Orten wieder sinken von 2.10^h bis 3^h p. m. mit einigen Schwankungen in der Zwischenzeit. Der Sturm dauerte im ganzen von Mittag bis 8^h p. m. In Petersburg, Stonyhurst und Wilhelmshaven war die Horizontalkraft über das Gewöhnliche um resp. 0.000 75, 0.000 88 und 0.000 90 C. G. S. um 2.10^h p. m. erhöht und bezw. 0.0007, 0.000 66, 0.000 75 unter dem Mittel um 3^h. Der Mittelwert für alle 11 Orte war nahezu 0.0005 über den Durchschnitt um $2^h\,10^m$ und 0.0005 unter demselben um 3^h. Die photographischen Kurven zeigen Änderungen von etwa ähnlicher Grösse, die sich sehr unregelmässig folgen, aber mit vollkommener Gleichzeitigkeit an den elf verschiedenen Stationen durch die sämtlichen 8 Stunden des Sturmes. Um solche Änderungen, wie diese, durch irgend eine dynamische Thätigkeit in der Sonne oder in ihrer Atmosphäre hervorzubringen, muss das Agens mit etwa 160 Million mal Million mal Million Pferdestärken (12×10^{35} Ergs pro Sekunde)

gearbeitet haben, was etwa 364 mal die gesamten Pferdestärken (3.3×10^{33} Ergs pro Sekunde) der Sonnenstrahlung ist. So muss in diesen 8 Stunden eines nicht sehr starken magnetischen Sturmes ebenso viel Arbeit geleistet worden sein in der Aussendung magnetischer Wellen nach allen Richtungen durch den Raum, als die Sonne wirklich in 4 Monaten ihrer regelmässigen Wärme- und Lichtstrahlung leistet. Dies Resultat ist, wie mir scheint, absolut beweisend gegen die Annahme, dass die erdmagnetischen Stürme von einer magnetischen Wirkung der Sonne herrühren oder von irgend einer Art dynamischer Aktion, die in der Sonne stattfindet, oder dass sie in Verbindung stehen mit Wirbelstürmen in ihrer Atmosphäre oder irgendwo ausserhalb in der Nähe der Sonne.

Es scheint, dass wir auch gezwungen sind, zu schliessen, dass der behauptete Zusammenhang zwischen magnetischen Stürmen und Sonnenflecken kein wirklicher ist, und dass die scheinbare Übereinstimmung zwischen beiden Perioden ein bloss zufälliges Zusammentreffen ist."

5. Vulkanismus.

Die vulkanischen Ereignisse des Jahres 1892. S. Knüttel hat die von Prof. Fuchs bis zu dessen Tode gelieferten Zusammenstellungen der vulkanischen Ereignisse des Jahres aufgenommen und eine solche Zusammenstellung für das Jahr 1892 geliefert[1]). Er sieht dabei von den Erdbeben ab und beschränkt sich auf die thätigen Vulkane, wobei er bei den weniger bekannten Notizen über deren Lage u. s. w. beifügt. Folgendes ist eine Aufzählung der vulkanischen Ereignisse:

Eruption des Gunung Awu auf Gross-Sangir am 7. Juni 1892. Sie trat abends $6^h\ 10^m$ ohne vorhergehende Warnung ein. Zuerst wurde heisser Schlamm in bedeutender Menge ausgestossen, alle Brunnen und Ströme waren verschlämmt. Der Schlamm entstammte einem See im Krater. Dem Schlammregen folgte Bimsstein- und Aschenregen.

Vulkan Saputang, an der südwestlichen Seite von Celebes, hatte im Februar zwei bedeutende Erdstürze. (?)

Vulkan Pulu Damme (7^0 3′ südl. Br., 122^0 45′ östl. L.) war anfangs Juni in Thätigkeit.

Vulkan Krakatau stiess im Februar Rauch aus.

Vulkan Kaba auf Sumatra zeigte starke Rauch- und Feuersäule, von unterirdischem Getöse begleitet.

Vulkan Bromo in Ost-Java zeigte seit dem 19. Dezember eine erhöhte Thätigkeit.

Aschenregen zu Lawang auf Java am 30. November. Welcher Vulkan denselben veranlasste, ist zur Zeit nicht zu sagen.

---

[1]) Tschermak's Mineral Mitteil. 1893. 13. 4. Heft p 265 u. ff.

Neuer Vulkan auf den Philippinen. Wo, ist nicht gesagt, soll im März nach einem heftigen Erdbeben entstanden sein.

Vulkan Tongariro stiess Rauch und Flammen aus. An vielen Stellen der Nordinsel von Neuseeland wurde Erdbeben gespürt.

Submarine Eruption im Kaspischen Meere. Am nördlichen Ufer der Apscheronhalbinsel entstand, offenbar infolge vulkanischer Eruptionen, eine neue Insel von 750 Faden Länge und 50 Faden Breite.

Der Vesuv. Am 11. Januar abends ergoss sich ein Lavastrom gegen das Atrio del Cavallo. Am 17. Februar ist ein Lavastrom ins Atrio geflossen. Am 7. Juni abends Lava in bedeutender Menge ins Atrio. Im September war die Thätigkeit des Vesuv wieder besonders stark.

Der Ätna. Hier wird auf Baltzer's Bericht (s. d.) verwiesen.

Vulkan Pic Paderal in Neu-Mexiko. Im Dezember warf er Lavaströme aus; die ganze Kuppe wurde abgestossen, die Lava dehnte sich über einen Raum von je 1 Meile zu beiden Seiten des Berges aus.

Die Ätna-Eruption von 1892 schildert A. Baltzer[1]). Es war hiernach eine normale, typische Ätna-Eruption. Es entstanden auf zwei radialen, nahezu von Nord nach Süd verlaufenden Spalten eine Reihe der charakteristischen Adventivkegel; an diesem Apparate spielte sich die Eruption ab. Sie war von bedeutender Intensität, welche in merkwürdiger Weise mehrfach ab- und wieder zunahm; sie dauerte verhältnismässig lange und zeigte endlich bemerkenswerte Einzelheiten des vulkanischen Mechanismus. Die Vorboten waren gering; regelmässige seismische Beobachtungen wurden nicht angestellt, die Eruption kam daher unerwartet (Bucca).

Am 8. Juli 1892, von circa $^1/_2 11^h$ nachts an, begann der Zentralkrater des Ätna heftiger zu arbeiten und produzierte mächtige, von Blitzen durchzuckte und zur Pinie sich gestaltende Dampfmassen mit Asche, Lapilli und Bomben. Später wurden Veränderungen konstatiert, die in einer Kratervergrösserung durch Hinabbrechen des oberen äusseren Randes und in der Erscheinung zweier Mündungen mit Scheidewand bestanden, wo früher nur eine gewesen war (G. Platania und Rudler). Stärkere Thätigkeit des Hauptkraters gilt im allgemeinen als Vorbote seitlicher Eruptionen, die auch nicht lange auf sich warten liessen.

Am 9 Juli $^1/_2 2^h$ morgens erfolgte, nachdem schon seit dem 8. Juli, 6^h nachmittags, häufige schwächere Erschütterungen vorangegangen waren, ein starker Erdstoss über das Ätnagebiet, der an Häusern u. s. w. Schaden anrichtete.

Am 9. Juli $1^h 15^m$ nachmittags entstanden auf der Südseite des Ätna zwischen Montagnola und Mte. Nero, in einer Höhe zwischen 1700 und 1900 *m*, zwei ziemlich Nord-Süd gerichtete Spalten ohne fühlbare Stösse, auf denen sich sodann der vulkanische Prozess in gewohnter Weise abspielte. Zuerst arbeitete die Westspalte: Dämpfe und vulkanische Dejekte liefernd, welch letztere sich zu kleinen Kegeln aufhäuften. Sie scheint schon am 9. selbst ihre Eruption eingestellt zu haben. Von hier aus ging ein kurzer Strom gegen die Casa del Bosco vor, kam aber bald zum

[1]) Neues Jahrbuch für Mineralogie 1893. **1.** S. 75 u. ff.

Stehen. Projektilhöhe bei dieser oder der Ostspalte 500 *m* (1200 *m* bei der Eruption von 1886). Schon am gleichen Tage ging die Hauptthätigkeit auf die Ostspalte über. Reichliche Lavamengen entströmten derselben sofort nach ihrer Bildung (Bucca), unter den heftigsten Paroxysmen fixierte sich eine Anzahl von Eruptionspunkten, um die herum sich aus den Dejekten Kraterkegel bildeten.

Der erste geringe Lavaerguss erfolgte auf der Westspalte, dann auf der ganzen Ostspalte, besonders in deren unterem Teile, wo 2 Kegel sich bildeten. Der Lavaausbruch ging der Kegelbildung zum Teile voraus. Die massenhaft austretende Lava teilte sich alsbald in einen östlichen und westlichen Arm, die im allgemeinen durch eine Linie getrennt sind, welche über Mte. Nero und Mte. Gemmellaro südwärts sich herabzieht Sie haben aber Querverbindungen, so dass Mte. Nero sowohl wie Mte Gemmellaro mit seinen südlichen Vorlagen umflossen erscheinen. Der Westarm bewegte sich in 3 Tagen 3 *km* weit abwärts und besass am 11. Juli bei steilerem Gefälle eine Geschwindigkeit von circa 50 *m* per Stunde. Der Ostarm machte am 12. Juli nur 2 *m* per Stunde und gelangte in der Gegend des Mte. Albano vorläufig zum Stehen, indem er sich daselbst nur noch verbreiterte und verdickte; er hatte bei Mte. Concileo, wo er in eine Vertiefung sich ergoss, eine Dicke von 40 *m* Die Lava nahm im allgemeinen denselben Weg wie der Strom von 1886.

Am 13. Juli und später boten nach G. Platania die Monti Silvestri (so wurden die neuen Kraterberge zu Ehren des verstorbenen Ätnaforschers genannt. das folgende Bild. Krater Nr. I, von etwas unregelmässiger elliptischer Form, produzierte grossartige Aschensäulen und Projektile unter kontinuierlichem Donnerrollen, zeitweilig auch mehr Bomben unter kurzen, heftigen Donnerschlägen. Etwas später wurden unter den Dejekten ungeschmolzene Stücke der Schlotwandung, sowie die höchst eigentümlichen Sandsteinbomben beobachtet, welche übrigens Nr. I nicht allein geliefert hat. Krater Nr. II ist von regelmässig-elliptischer Form, niedriger wie I; die Dampfexplosionen gingen, wie bei I, von mehreren Punkten aus. Aschenausbrüche und in grosse Höhe geschleuderte Projektile erfolgten rascher aufeinander wie bei I. Auch wurde im Verhältnisse zu I mehr Lava als Asche geliefert. Am 17. mittags wurde der Südrand zum Teile zerstört. Nachmittags beobachtete Platania eigentümliche Erscheinungen: Der Krater warf mit auf 12 *km* Entfernung hörbarem Gebrülle dampferfüllte, in der Luft platzende Lavafetzen aus und weissliche, in der Farbe dem Lavarauche ähnliche Dampfballen. Dadurch entstanden Lufterschütterungen, die dem Beobachter Druck auf das Trommelfell verursachten und die Mauern der $^5/_4$ Stunden entfernten Casa del Bosco, sowie die Fenster in Catania und Acireale erzittern liessen. Die Erscheinung erregte aufs neue Panik in der Bevölkerung, weil sie als Erdbeben gedeutet wurde. Nach G. Platania hängt die Erscheinung mit dem zähen und teigartigen Zustande der Lava im Schlunde zusammen.

Zwei neue Krater III und IV sind nun auch sichtbar, aber noch in der Bildung begriffen. IV war am 16. Juli, 8 Tage nach Beginn der Eruption, noch ganz klein. III schliesst sich eng an II an, ist gegen Süd geöffnet, liefert unter musketenfeuerartigen Entladungen grosse, glühende Lavafetzen und verhältnismässig weniger Asche

IV entwickelt mächtige Dampfmassen und wirft viel Projektile; der Kegel, dessen Höhe zu 8 *m* beobachtet wird, wächst nach und nach. Anfänglich, d h. vor der Kegelbildung, soll dieser Punkt nur Lava geliefert haben.

Man sieht, jeder Punkt hat, wiewohl sie alle auf derselben Spalte, in einer Reihe und in geringer Entfernung voneinander liegen, eigentümlich gearbeitet. Die Kegelbildung ist im allgemeinen von Nord nach Süd fortgeschritten.

Am 17. Juli beobachteten die Gebrüder Platania auf der Südseite von III und bei IV nebst Dejekten auch Ströme, die bei I und II fehlten.

Im Verlaufe des 17. Juli steigerte sich die Intensität der Eruptionen gegen die Tage vorher. 3^{h} 47^{m} erfolgte ein starker Erdstoss mit nachfolgenden geringeren Erschütterungen.

In der letzten Juliwoche warf nach G. Platania Nr. I mehr Projektile wie früher, im Höhepunkte der Dampf- und Ascheneruption traten elektrische Entladungen auf. Nr. II wurde wieder aktiver und erhob sich stärker auf der Ostseite, wo der herrschende Westwind die Dejekte aufhäufte. III und IV waren am 17. Juli noch nicht fertig gebildet.

Am 18. Juli war nach G. Platania der Westarm 7 *km* vom Ursprunge entfernt, der Ostarm 6 *km*. Die Ströme waren im Mittel 10 *m* hoch und an der Front 50 - 70 *m* breit. Stand der Lavaströme am 31. Juli: der Weststrom ist der bedeutendere; sein Ende, nordwestlich der Monti Rossi, ist circa 8 *km* vom Ursprungsorte entfernt und bedroht Nicolosi; der Oststrom hat eine Länge von circa 6 *km*. Jeder hat eine Breite bis zu 1 *km*, dieser ist viel schmäler. Der Nachschub schichtet sich über die früheren Ströme, sie nur verdickend; dies rettet die Dörfer Nicolosi und Borrello.

Aschenregen fanden während der ganzen Zeit unablässig statt, die Asche wurde bis Messina, zur kalabrischen Küste und nach Malta getragen.

Nachdem das paroxystische und strombolianische Stadium bereits überwunden und die Eruption in die solfatarenartige Phase zurückgegangen war, erfolgte plötzlich im August eine Phase erneuter gesteigerter Thätigkeit. Am 9. August entstand eine neue Ausbruchsstelle (2) zwischen I und II, ganz nahe II, die für kurze Zeit enorme Dejekte lieferte. Am 11. August bildete sich 150 *m* nördlich von I in der Fortsetzung der Hauptspalte (nach Bucca) ein neuer Eruptionspunkt (1), da offenbar den Gasen an den benachbarten Stellen der Ausgang verstopft war. Unter starkem Rauche, Asche und Bombenauswürfe, aber, wie auch bei Nr. 2, ohne Lavaergüsse, häufte sich ein neuer Kegel auf, während I, II und III mit ihrer Solfatarenthätigkeit aufhörten oder wohl richtiger teils aufhörten, teils nachliessen, wie wenn sich nun alle Kraft auf den neuen Punkt konzentriert hätte. Nr. IV dagegen soll noch glühende Lavafetzen in fünf Minuten Intervall und gelbe Rauchsäulen geliefert, also strombolianisch gearbeitet haben. Zwischen dem 29. und 31. August beobachtete Platania an Punkt 1 noch grosse und schöne Explosionen, Rauch, Asche und Steine. Punkt IV lieferte in rascher Folge (50 mal per Minute) gelbe Dampfmassen und Lavafetzen mit dem Geräusche einer sich in Bewegung setzenden Lokomotive.

Die Lava floss ruhig auf der Südseite der Kegel aus mehreren Öffnungen aus. Am 27. stand der Westarm bei Mte Rinazzi (Crupi).

Um diese Zeit verbreitete sich der Ostarm der Lava stark östlich von Mte. Nero, zerstörte nach Bucca und Platania Ende August die Casa dei Cervi und verwüstete den Kastanienwald der Dagala dei Cervi.

Vom September und Oktober hat Verfasser keine Mitteilungen, nur vom 6 September werden von Acireale zwei auf eine kleine Zone sich beschränkende Erdstösse berichtet, die an Landhäusern etwas Schaden verursachten."

Baltzer besuchte Mitte November die Monti Silvestri. Krater 1 arbeitete schwach strombolianisch, hatte inwendig 100 Schritt Durchmesser und war zuerst trichterförmig, dann steil abfallend „Mantelschichtung, sowie nach innen abfallende Kraterschichtung sind bemerkbar; Neigungswinkel des aus lockerer Asche und Lapilli gebildeten Konus 25°. Arbeitet stossweise mit kurzem, dumpfem Windbrausen, produziert bläulichen und weissen Dampf.

Nr. I ist vollständig tot, bildet einen sargförmigen, im kleinen die Gestalt des Tödi zeigenden Rücken; der Krater ist infolge Verrückung der Ausbruchsstelle länglich, durch Querscheidewände gefächert. An diesen Wänden tritt Mantel- und Kraterschichtung hervor. Äussere Neigung des Kegels 33—36°.

Nr. 2 arbeitet solfatarisch, stösst mit ohrenbetäubendem Lärme grauen und weissen Dampf aus. Ein konstantes zischendes und klirrendes Geräusch, gleichzeitig aber ein starker dumpfer, kontinuierlich hörbarer, jedoch zu- und abnehmender Ton dringen aus dem Krater herauf. Der Krater, dessen Thätigkeit zeitweilig intensiver wird, ist flach beckenartig, nur etwa 70' tief und oben 100 Schritt breit und fällt auf 3 Seiten flach, auf der Ostseite steiler ab. Der untere Teil prangt in den schönsten gelben und grünen Farben, einem Moospolster ähnlich. Mitten darin, aus einer nur $1^1/_2$ *m* breiten und 2 *m* hohen abgestutzt-kegelförmigen Boccha fährt mit ungeheurer Heftigkeit ein bläulicher Dampf- und Flammenstrahl heraus, der den erwähnten Lärm verursacht und die Luftsäule hoch hinauf erzittern macht. Die Flamme mag von brennendem Schwefel herrühren.

Kraterkegel II, nur durch eine dünne Scheidewand von 2 getrennt, befindet sich im ruhigen, fast geräuschlosen Solfatarenstadium.

Kraterkegel III ist so gut wie tot, bezüglich der äusseren Form, wie I und II, in die Länge gezogen, vollständig verschüttet und in bunten Farben prangend.

IV endlich erhebt sich auf der Südseite von III als hübsch gebildeter Kraterkegel Der Krater (kleiner im Durchmesser wie II) fällt ziemlich steil ab zu einem vertikalen, felsigen Schlunde, aus dem, einer pustenden Lokomotive vergleichbar, rasch hintereinander, aber mit geringem Geräusche, mächtige, hauptsächlich aus Wasserdampf mit wenig SO_2 bestehende weisse Dampfballen emporwirbeln: ein Bild ruhiger Solfatarenthätigkeit. Im Grunde sind Flammen sichtbar. Noch am 25. November arbeitete er in gleicher Weise"

Mitte November besuchte Verfasser den Mte. Nerone, um die noch in Bewegung befindlichen Lavaströme der Ostseite bei Nacht zu betrachten.

Laven des Stromboli. Bis jetzt hat man beim Stromboli nur die Produktion loser Massen gekannt. G. Mercalli stellte dort nunmehr auch den Erguss von Lavaströmen fest[1]).

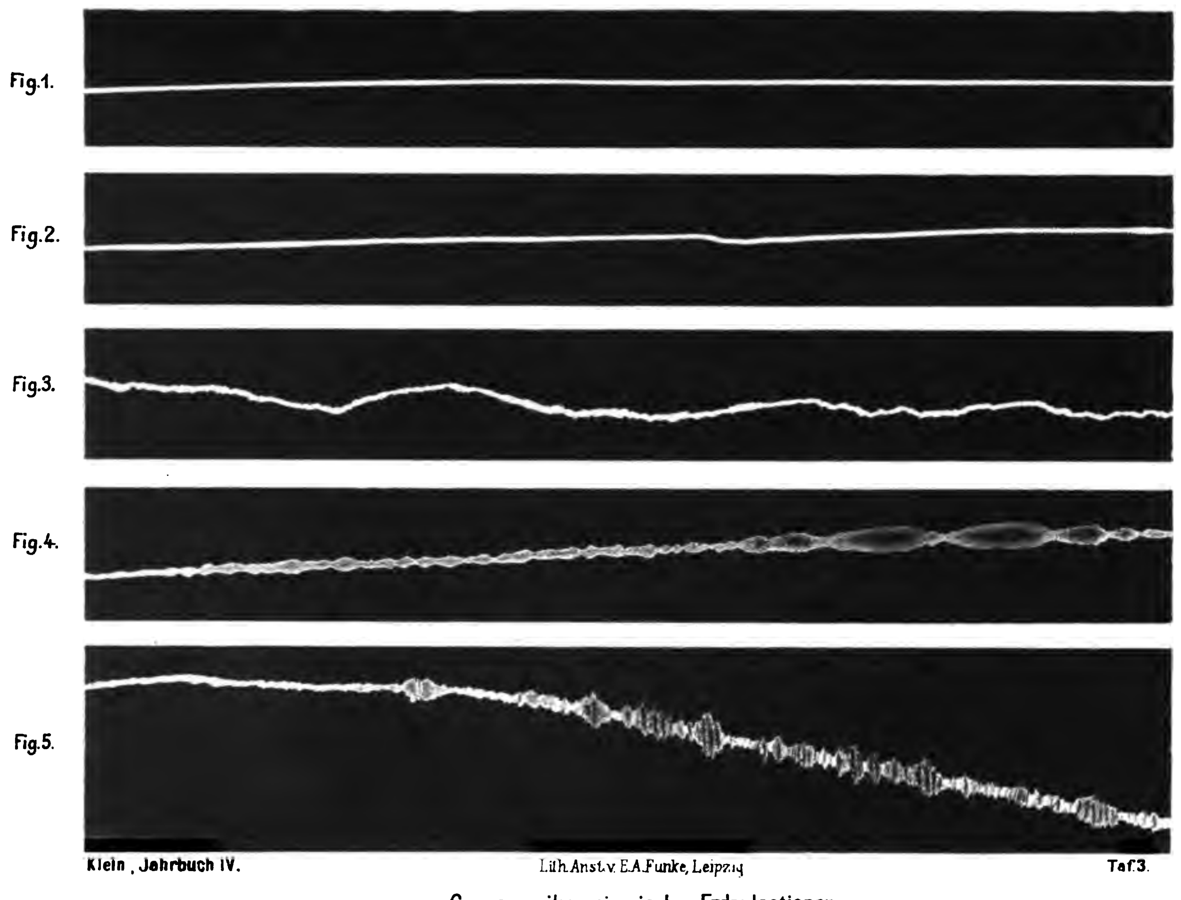
Der Kilauea ist 1891 von Adolf Marcuse besucht worden, hauptsächlich um einige Messungen an dem Krater vorzunehmen[2]).

„Seit 1886 waren keine Aufnahmen der Dimensionen und Erhebungen des thätigen Vulkans erfolgt, und seitdem hatte sich die ganze Figuration so gewaltig verändert, dass die von der Landesvermessung für 1886 ausgestellte Karte fast wie von einem anderen Gebiete herrührend erschien. Von besonderem Interesse waren daher neueste Messungen über Hebungen und Senkungen der kalten und feurigen Lavamassen, da sich aus ihnen ein Schluss über die geologische Zukunft des Vulkans ziehen liess. Zu diesem Zwecke hatte sich Marcuse mit einem besonders guten Höhenbarometer ausgerüstet. Der Abstieg erfolgte mit 2 Führern von der nordöstlichen Seite des Kraterrandes aus, damit der aus Nordost wehende Passatwind die Schwefeldämpfe vor den Besuchern hertreiben konnte. Zunächst geht es einen 480 Fuss tiefen Hügel hinab, der mit üppigster Vegetation bewachsen ist. Dann wird die kalte Lavadecke erreicht, welche sich in erstarrter Form über das ganze, drei englische Meilen breite Becken des Kraters Kilauea erstreckt. Über dieses Lavafeld geht der Weg in südöstlicher Richtung nach

---

1) Giorn. min. cryst. petr. 2. p 115.

2) Verhandlungen d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1892. p. 504 u. ff.



Klein, Jahrbuch IV. Lith.Anst.v. E.A.Funke, Leipzig Taf.3.

Curven mikroseismischer Erdpulsationen.

dem etwa zwei englische Meilen entfernten thätigen Lavasee, Halemaumau, d. h. „Haus des ewigen Feuers“, genannt. Tiefe Spalten, aus denen Schwefeldämpfe emporsteigen, unterbrechen die Lavadecke. Der Weg ist äusserst beschwerlich über Geröll und glatte Lava hinweg. Nach dem thätigen Teile des Vulkans zu, steigt die Lavadecke etwa 220 Fuss an. Nach einem fast einstündigen Marsche über diese durch frühere Eruptionen gebildete Decke, die fast jedes Jahr den Schauplatz neuer Ausbrüche bildet, und deren Niveau sich in den letzten 5 Jahren um etwa 70 Fuss gehoben hat, gelangt man an den Rand des eigentlichen Kraters, der eine schwach elliptische Form zeigt mit einer grossen Axe von etwa 3000 Fuss.

Hier befindet sich der eigentliche Feuersee. Der Anblick, den die feurigen Lavamassen im Inneren des Sees gewährten, spottet jeder Beschreibung. Etwa 280 Fuss unter uns, schreibt der Verf., befand sich ein feurig flüssiger See. Gleich Wellen auf dem Wasser bewegte sich die geschmolzene Lava nach den Ufern zu; dann plötzlich entstand eine gewaltige Strömung nach dem Mittelpunkte, und aus zwei mächtigen Kanälen, welche offenbar mit dem Erdinneren zusammenhingen, schoss die glühende Lava fontänenartig wohl 40—50 Fuss hoch empor. Gleichzeitig spielten zahllose kleinere Feuerfontänen. Man hörte ein Geräusch wie bei der Brandung des Meeres. Die Farbe der glühenden Lava war intensiv rot, die der darüber liegenden Rauch- und Dampfwolken blau. Von Minute zu Minute wechselte das Schauspiel. Auf der uns zugewandten Seite des Feuersees befand sich eine breite Schicht frisch erkalteter Lava, durch deren Spalten man das tief unten glühende Feuer erblickte, deren Betreten jedoch möglich sein musste Es war ein beschwerlicher und gefahrvoller Abstieg, und sofort nach Erreichung des Niveaus der glühenden Lava musste umgekehrt werden, da die Schwefeldämpfe unerträglich wurden. Die Tiefe dieser Fläche in dem Krater wurde zu 280 Fuss festgestellt. Zum oberen Rande des Kraters zurückgekehrt, fanden wir bereits das Dunkel der Nacht hereingebrochen. Noch unendlich viel grossartiger war der Anblick des Feuersees jetzt, als während des Tageslichtes. Die Farbe der glühenden Lava war aus Rot in Goldgelb übergegangen, die Feuerfontänen spritzten höher, und die Oberfläche des Sees stieg und wurde unruhiger. Rötlich stand der Rauch über der Krateröffnung, und in gelblichem Lichte schimmerte durch denselben der Abendstern.

Die in den letzten 5 Jahren vor sich gegangene, ziemlich beträchtliche Erhebung des eigentlichen Kraterrandes oberhalb der flüssigen Lava wurde Marcuse schon vor Ausführung seiner Messungen von den am Vulkane wohnenden Leuten als eine optische Wahrnehmung mitgeteilt.

Der Kilauea wurde im Jahre 1892 von Josiah Keep besucht und beobachtet [1]). Er beschreibt den Krater als eine ungeheure Vertiefung von etwa 3 engl. Meilen Länge und 2 engl. Meilen Breite, deren Wände meist steil, obwohl ganz unregelmässig sind, und deren Boden etwa 300 Fuss unter der Oberfläche der Insel an dieser Stelle liegt. Ein zickzackförmiger Weg von 1 engl. Meile Länge führt zwischen Farnen und Büschen hinab zur schwarzen Lava, die jetzt zwar kalt ist, aber sehr vielfache

[1]) Science 10. Februar 1893. Naturw. Rundschau 1893. Nr. 23. p. 298.

Beweise für jüngstverflossene Schmelzung darbietet. Die Oberfläche derselben ist sehr wechselnd, hier nahezu eben, dort in steile Erhöhungen anschwellend, vielleicht mit Höhlen unter denselben, in welche man hineinkriechen oder sogar aufrecht hineingehen kann. Spalten sind sehr häufig. Nachdem Keep etwa 2 engl. Meilen über diesen rauhen Boden gegangen, kam er plötzlich an den Rand einer zweiten Vertiefung im Boden des ersteren, an den „Halem'oum'ou" der Eingeborenen, welche etwa $^1/_2$ engl. Meile im Durchmesser hatte, und deren Boden etwa 250 Fuss tiefer gelegen war. In der Mitte dieses unteren Bodens sah man den fast runden See geschmolzener Lava, der etwa 1000 Fuss im Durchmesser hatte. Seine Niveaufläche war bedeckt von einer dünnen, grauen Kruste, von welcher oft Teile niedersanken und die glühende Flüssigkeit darunter aufdeckten. Der feurige See war niemals frei von Bewegung, besonders an seinen Rändern, aber die Ausdehnung und Heftigkeit derselben änderten sich beständig. Gelegentlich erhob sich ein flüssiger Hügel wie eine ungeheure Blase und sank dann nieder, während eine Masse dünnen, blauen Rauches sich langsam erhob und wegschwebte, als Zeichen, dass er im verdichteten Zustande zweifellos das hebende Agens gewesen. Die meisten Bewegungen glichen dem lebhaften Kochen eines Wasserkessels über einem hellen Feuer. Glühende Fontänen sprangen und tanzten umher und warfen oft feurige Tropfen bis 50 Fuss hoch, während Lavawellen gegen die Einfassung des Sees wogten mit einem Lärm, ähnlich dem der Meeresbrandung. Zur Nachtzeit, mit einem Opernglase betrachtet, war das Schauspiel über jede Beschreibung schön und grossartig. Das beständige Niederfallen halb abgekühlter Tropfen von Lava um den Rand des Sees, verbunden mit dem Anspülen der Feuerwellen, erhöht die Einfassung, welche im Verhältnisse zur Unruhe des Sees wächst. An der einen Seite des Teiches geschmolzener Lava war ihr höchster Punkt etwa 30 Fuss höher als der Boden, welcher die Basis der Einfassung mit den Wänden der Vertiefung verbindet. In einer Nacht erhob sich die Lava im See und ergoss sich über die Einfassung wie ein feuriger Wasserfall; die Breite dieses Stromes wurde auf 50 Fuss geschätzt. Als der Strom den Boden der Vertiefung erreichte, erstarrte er oben sehr bald, während die tieferen Teile weiterflossen, bis sie die Wände erreichten. Durch solches Überfliessen aus dem See wird die innere Vertiefung allmählich ausgefüllt; in der That hat sich ihr Boden in den letzten Jahren um mehrere 100 Fuss gehoben. In gleichem Schritte hebt sich der See. Am Schlusse seiner Schilderung sagt Keep: „Je mehr ich das Sieden der Lava beobachtete, desto mehr wurde ich überzeugt, dass Wasserdampf nicht das Hauptagens ist, das die Arbeit leistet, obwohl er beteiligt sein mag beim Erregen der gewaltigen, chemischen Aktion — vielleicht einer Zersetzung der Sulfide —, welche, wie ich glaube, die Quelle der Wärme und der Erschütterung ist."

Die vulkanischen Herde am Golfe von Neapel behandelte Otto Lang [1]. Nach ihm kann man den Golf von Neapel sowohl wegen seiner Gestalt als auch wegen seiner Umgebung von Eruptivmassen als eine vulkanische Bildung auffassen. Dabei bleibe natürlich die Frage offen, ob jener dem Orte eines vulkanischen Herdes entspreche und vielleicht selbst einst eine Ausstossöffnung vulkanischer Produkte, etwa gar ein den nächstliegenden Vulkanen gegenüber selbständiger Krater gewesen, oder ob nur die Einsenkung seines Felsbodens, sein „Einsturz" infolge der nachbarlichen vulkanischen Thätigkeit eingetreten sei. Um darüber zu entscheiden, habe natürlich die geotektonische Untersuchung an Ort und Stelle die wichtigsten Beweismittel zu liefern, was sie ja im allgemeinen auch schon gethan habe, doch müsse man, zur Vermeidung einseitiger Urteilsfällung, auch die örtlichen und stofflichen Verhältnisse der dem Golfe benachbarten Eruptivgesteine und anderen vulkanischen Produkte berücksichtigen, insbesondere deren Beziehungen zum Golfe sowohl als untereinander.

Diesem Zwecke soll die Studie von Lang dienen. Um den Begriff eines vulkanischen Herdes mehr zu präzisieren, stellt er als Vorbemerkung auf, dass je näher unter den mannigfaltigen vulkanischen Produkten eines Landes sich 2 Eruptivmassen stofflich verwandt erweisen, desto wahrscheinlicher ihr Ursprung aus einem ihnen beiden gemeinsamen Herde ist, und umgekehrt desto unwahrscheinlicher, je verschiedenartigeren Bestand sie offenbaren, und dass, wenn sich die Vorkommen von einander stofflich verwandten Eruptivgesteinen in geographische Reihen ordnen, ihr gemeinsamer Herd einem Spaltenraume entspricht, dessen Lage durch jene Reihung bestimmt wird.

Die Frage, ob der neapolitanische Golf vulkanische Produkte enthalte, die vielleicht in ihm entstanden sind und ihn etwa als selbständigen Eruptionspunkt kennzeichnen, wird verneint. Dagegen kommt Verf. zu dem Ergebnisse, dass sich am Golfe von Neapel drei verschiedene vulkanische Spaltenherde erkennen lassen, deren Lage die Ost-, Nord- und Westgrenze des Golfes bestimmen. Da keine Thatsachen die Existenz eines dem Golfe selbst eigentümlichen und selbständigen, also vierten vulkanischen Herdes wahrscheinlich machen, dürfe man wohl annehmen, dass nur das Zusammentreffen jener 3 Spalten an dieser Stelle die Senkung des Golfbodens zur Folge gehabt habe. Dass die Kreuzung der Eruptionsspalten mit einander nicht ganz ohne isolierende Nachwirkung für die zu derselben Spalte gehörigen Abschnitte geblieben sei, darauf deute der Umstand hin, dass an den neueren starken Erschütterungen Ischias die pontinischen Inseln nicht in entsprechendem Masse mitzuleiden hatten.

---

[1] Zeitschrift d. deutsch. geolog. Gesellsch. 1893. **45.** Heft 2. p. 177.

Die Maare der Eifel sind rücksichtlich der Art und Weise ihrer Entstehung noch sehr problematische Bildungen. In einer neueren Arbeit, welche in den Annalen der Polytechnischen Schule zu Delft erschien, wird über Versuche im Laboratorium berichtet, die den Zweck hatten, die Vermutung zu prüfen, jene Maare könnten durch Ausblasen unter besonderen Umständen entstanden sein. H. Behrens berichtet über diese Versuche, die nach mehreren Richtungen interessante Resultate ergaben, folgendes [1]).

a. Kontinuierliches Ausblasen von Sand aus einer Öffnung von etwa 1 *cm* gab normale Kraterkegel, deren Höhe und Steilheit durch zeitweiliges Befeuchten mittels eines Zerstäubers um mehr als das Doppelte vermehrt werden konnte, unter gleichzeitiger Verengerung des Trichters.

b. In einer Sandschicht über einer Blasöffnung von 1 *mm* wird ein anfangs sehr enger, später in der oberen Hälfte sich erweiternder Trichter ausgeblasen. In einem Gemenge von Sand mit wenig Trass und Bimssteinpulver werden die leichteren Gemengteile an die Oberfläche getrieben, es entsteht ein weiterer Trichter mit flachem Boden unter zeitweiliger Unterhöhlung und Einsturz, dem gesteigerter Auswurf von gemengtem Materiale folgt. Zuletzt erfolgt gewaltsames Ausblassen, welches die Windöffnung blosslegt.

c. Beimengung von Gesteinsbröckchen und Schilfern (Windöffnung 1.5 *mm*) bewirkt Hebung und Zerklüftung der Oberfläche und exzentrische Auswürfe, ferner Bildung weiter Kessel mit flachem Boden und geringer Aufschüttung des Randes. Öfter hatte der Kessel den 150-fachen Durchmesser der Windöffnung. Als Zwischenstadium ist die Bildung birnförmiger Aushöhlungen anzumerken, deren Einsturz jedesmal heftigen Auswurf gemengten Materials zur Folge hat.

Soweit die angeführte Arbeit. Die Versuche sind inzwischen nach anderen Richtungen fortgesetzt worden.

1. Radiale Zerklüftung und muschelförmige Abschiebungen an Aufschüttungskegeln, infolge von Einsinken. Man sieht diese Erscheinungen sehr gut an massiven Kegeln von Chamottepulver (ca. 1 *mm* Korngrösse). Zuletzt überstäubt man den Kegel mittels eines trichterförmig gefalteten Stückes Drahtgaze, um ihn möglichst glatt zu bekommen. Die radialen Risse entstehen am Gipfel und keilen im unteren Drittel aus. Leichte Erschütterung giebt ihnen grössere Ausdehnung. Rutsche, zwischen 2 Klüften stattfindend, zeigen muschelförmiges Auskeilen. Es handelt sich hier um Verlegung losen Materials von kleineren auf grössere Kreise. Dass in diesen Senkungserscheinungen die Anfänge der Barrancos und der muschelförmigen Schründe an Vulkankegeln zu suchen sind, ist wohl einleuchtend.

2. Die birnförmigen Aushöhlungen der ersten Versuchsreihe (s. oben unter c) regten den Gedanken an, das Eindringen breiiger

---

[1]) Neues Jahrbuch f. Mineralogie 1893. 1. p 82.

Massen in Aufschüttungskegel zu untersuchen. Hierfür wurde dünner Gipsbrei benutzt, dessen Kohäsion und Erhärtungszeit durch Zusatz von Leim in recht weiten Grenzen abgeändert werden kann. Wird derselbe von der Mitte der Basis in einen Kegel von Seesand eingetrieben, so erhält man einen zentralen Zapfen, von weniger schnell erhärtendem Gipsbrei, der mit kurzen Pausen eingetrieben wird, ein birnförmiges Gebilde, dessen Spitze nach oben gekehrt ist. Hat man statt Sand ein Gemenge wie unter c genommen, so überwiegt zunächst die Ausbreitung längs der Basis, darauf erheben sich knollenförmige Höcker, und von diesen gehen Eruptionskanäle an die Aussenfläche des Kegels. Durch intermittierendes Eintreiben kann man machen, dass die Gipsmasse in den Kanälen zurücksinkt und sie verschliesst, wo dann erneuter Druck andere Kanäle öffnet — in einem Falle bis zu acht nacheinander.

3. Eintreiben von Gipsbrei in lose aufgeschütteten Sand mit horizontaler Oberfläche giebt einen nahezu zylindrischen Zapfen von ansehnlicher Dicke, becherförmig eingedrückt. Wird inmitten der Sandmasse durch leichtes Andrücken eine festere Schicht geschaffen, so erfolgt mehr Ausbreitung seitwärts und abwärts, es entstehen pilzförmige Gebilde, wiederum mit eingedrückter oberer Fläche. Offenbar wird eine ansehnliche Masse von Sand als Ganzes emporgeschoben, die beim Nachlassen des Druckes zurücksinkt, die breiige Masse auseinandertreibt und in querlaufenden Falten staucht. — Anders gestaltet sich der Verlauf, wenn das Eintreiben von Gipsbrei mit Zwischenzeiten von etwa 5 Minuten wiederholt wird. Dann stellt jede halb erhärtete Eintreibung eine Verlängerung des Zufuhrkanals dar; sie wird allerdings in die Breite auseinandergetrieben, aber darüber erhebt sich ein zweiter und über diesem ein dritter Zapfen von abnehmendem Durchmesser und ohne Einbuchtung des Gipfels, der Abnahme des Druckes von oben her entsprechend. Das ganze, plump birnförmige Gebilde erinnert an die in Stockwerken aufgebauten Basaltkuppen des Meerbergs und Hummelsbergs bei Linz. Dieselbe Abänderung des Versuches, auf geschichteten Sand angewendet, liefert sehr komplizierte Gestaltungen, pilzförmig, mit seitlichen und schräg aufwärts gerichteten Apophysen. Die Eindrückung des Gipfels bei der Mehrzahl der unter 3 genannten Gebilde ist nur zum kleineren Teile der Wasserentziehung durch den Sand zuzuschreiben, denn dieselbe Gestaltung wurde mit einer wasserfreien geschmolzenen Masse von Harz und Wachs erhalten, welche überdies die Verlängerung der Stauchfalten zu Apophysen gut erkennen liess. Um ellipsoidische Massen zu erhalten, würde man wahrscheinlich viel langsamer zu Werke gehen müssen, als dies mit den zu Gebote stehenden einfachen Hilfsmitteln thunlich war.

Die Vulkane Zentralamerikas. Aus dem Nachlasse K. v. Seebach's ist auf Veranlassung der Kgl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen durch R. Langenbeck und H. Wagner das, was v. Seebach, im Anschlusse an seine Studien über die Vulkane, zu

einem grösseren Werke über die zentralamerikanischen Vulkane gesammelt hatte, veröffentlicht worden[1]). v. Seebach hat Mittelamerika in der Zeit von Mitte September 1864 bis Ende Juli 1865 besucht. Nach einer in den hinterlassenen Papieren vorgefundenen Zusammenstellung vom August 1865 werden zwischen 10° und 16° nördl. Br. in Zentralamerika 73 Berge als Vulkane angesehen, oder mit Ausscheidung von (16) unsicheren 56. Von diesen erfahren in dem obigen Werke 51 eine nähere Behandlung, 26 von allen sind thätig, 17 hat v. Seebach bestiegen und im ganzen 27 untersucht.

Das Werk selbst giebt die Aufzeichnungen geordnet nach der geographischen Lage der Vulkane. Von mehreren werden Abbildungen der allgemeinen äusseren Gestalt oder landschaftliche Darstellungen vulkanischer Regionen gegeben, endlich 5 Karten nach eigenen Aufnahmen v. Seebach's.

Die Beschreibung beginnt mit den Vulkanen nördlich vom Hochlande von Costarica und hier zuerst mit dem Turialba, dessen Höhe v. Seebach barometrisch zu 3064 *m* bestimmte. Er steht mit dem Irazú auf gemeinsamer Basis und ist ein ausgezeichneter Vulkanrücken. v. Seebach hat ihn am 9. März 1865 während eines über 6 Wochen dauernden Aschenausbruches bestiegen und kam zu der Überzeugung, „dass hier, wie bei fast allen grossen Aschenausbrüchen, die Asche nur das Mehl ist der in dem Eruptionskanale gegen einander geriebenen Gesteinsmassen." Aus allen Berichten ergiebt sich, übereinstimmend mit der Kahlheit des Vulkans inmitten des dichtesten Urwaldes, dass der Turialba in den letzten 2 Jahrhunderten zu den mächtigsten Ausbruchsstellen von ganz Zentralamerika gehört hat.

Im Gebiete des grossen Nicaraguasees sind nur 3 Ausbruchsherde als nachgewiesen anzusehen: Ometepec und Madera, sowie der Mombacho. Den ersten sah v. Seebach am 13. Januar 1865. Nachdem er mehrere Tage den Wald durchzogen, endete dieser, und der Reisende stand plötzlich am Ufer der Lagune von Nicaragua. „Ein Traum meiner Kindheit war erfüllt. Gerade gegenüber erhebt sich aus den bläulichen Fluten, die unter der Wucht des Nordostpassates dröhnend auf den Strand zu unseren Füssen aufschlagen, Ometepec, der Zwillingsberg. Die Grossartigkeit dieser plötzlich geöffneten Aussicht ist unbeschreiblich. Man muss die beiden Kegel selbst aus dem See aufragen sehen mit ihrem regelmässigen Abfalle, wie 2 Riesenpyramiden, um die Wolken zu tragen, die von der sinkenden Sonne gerötet auf ihren Gipfeln lagern, um sie zu empfinden! Worte und Zeichnung vermögen den Eindruck nicht wiederzugeben."

Den Coseguina hat v. Seebach nicht bestiegen; es giebt aber eine auf Originalberichten beruhende, neue, möglichst exakte Beschreibung des gewaltigen Ausbruches desselben im Januar 1835.

[1]) Abhandl. d. Kgl. Ges. d. Wissenschaften zu Göttingen 88.

Diese Eruption begann ohne vorausgegangene Erdstösse am 20. Januar mit einem einfachen Aschenauswurfe. Bei Sonnenaufgang sah man in der Richtung des Coseguina eine weisse Dampfsäule, die mit dem bekannten charakteristischen Brausen ausgestossen wurde. Sie nahm rasch an Höhe und Umfang zu, während zahlreiche Blitze sie durchzuckten. Im Laufe des Vormittags waren Grösse und Umfang dieser Rauchpinie schon so bedeutend geworden, dass sie bald den Horizont erfüllte und die ganze Gegend mit einem Aschenregen bedeckte. Bald wurde es völlig dunkel, und die vulkanische Nacht konnte selbst von den zahlreichen elektrischen Entladungen, die von furchtbaren Donnerschlägen begleitet waren, kaum vorübergehend erhellt werden. „Infolge des Südostwindes wurde die Asche zunächst nach Norden und Westen getrieben, während die nach Süd (Osten) gelegenen Gebiete noch verschont blieben. Der Aschenregen erstreckte sich gegen Abend des 20. Januar bereits weit hinein nach Honduras bis Tegucigalpa und erreichte nach NO Nueva Sogovia, nach W angeblich San Salvador. Gegen Abend folgten wiederum zahlreiche Erderschütterungen, von denen 5 Stösse sich als besonders stark erwiesen. An die Stelle der gröberen sandartigen Asche trat eine äusserst feine staubige.

Die Nacht vom 20. zum 21. Januar dauerte die Eruption in gleicher Furchtbarkeit, mit den häufigen Blitzen und schrecklichen Donnerschlägen fort. Am Morgen des 21. hatte es sich in Nacaome und S. Miquel ein wenig aufgehellt, so dass man zuweilen die matte gelbe Scheibe der Sonne zu erkennen vermochte, nur in dem unglücklichen La Union dauerte die Finsternis fort. Häufige Erdbeben und Retumbos erschütterten den Boden, und um 3 Uhr nachmittags erfolgte ein heftiger Erdstoss, der, in Leon, Realejo, S. Miquel fühlbar, in La Union so stark war, dass er mehrere der eben in einer Bussprozession um Gnade flehenden Einwohner umwarf.

Im Laufe dieses Tages erreichte der Aschenregen, der am 20. nachmittags von da aus erst bei Süd- und dann bei Nordwind wie eine Regenwolke erschienen war, selbst die Stadt (la nueva) Guatemala, die infolgedessen „wie im Schatten“ lag.

Am Morgen des 22. Januar hellte es sich endlich ein wenig in La Union auf, so dass man wenigstens ohne Lichter und Fackeln in den Strassen gehen konnte, dagegen hatte sich nicht nur Nacaome wieder mehr verfinstert, sondern es fing der Aschenregen an, infolge der veränderten Windrichtung oder vielleicht bloss der eingetretenen Windstille, nun auch nach Südost über Chinandega bis Realejo und Leon sich auszubreiten und die ganze Gegend zu beschatten. Da indessen keine stärkeren Erdbeben mehr sich fühlbar machten, so hoffte und glaubte man allgemein, der Ausbruch neige sich seinem Ende zu.

Doch mit Unrecht! Erst in der Nacht vom 22. zum 23. erreichte die Eruption das Maximum ihrer Intensität Nachdem bis dahin die Nacht ohne neue Störung verflossen war, bemerkte man

erst um Mitternacht eine Zunahme des vulkanischen Getöses. Darauf erfolgte gegen 1 Uhr ein furchtbarer Erdstoss, begleitet von unterirdischen Detonationen von unglaublicher Stärke und mehreren schwächeren Erschütterungen. Gleichzeitig steigerte sich auch wieder der Aschenauswurf, begleitet von den heftigsten elektrischen Entladungen. Es gehört dieser Paroxysmus zu den gewaltigsten, welche die Geschichte des Vulkanismus auf unserer Erde verzeichnet hat. Von Costarica bis Dolores de Petén und bis in die Altos von Guatemala, auf einem Radius von 250 Seemeilen — das ist der Abstand vom Vesuv bis Pisa oder von Berlin bis Mainz — machte sich der Stoss noch als ein starkes Erbeben der Erde fühlbar, während die furchtbaren ihn begleitenden Detonationen sich noch viel weiter erstreckten. Sie wurden nach NW vernommen in Merida und bis Oajaca, in 600 Seemeilen Abstand.

„Am 23. Januar war schon um 9 Uhr vormittags Chinandeja wieder in absolute Finsternis gehüllt, ebenso um 10 Uhr La Union und etwa gleichzeitig auch Nacaome. Jetzt traten für alle Umwohner die schrecklichsten Momente ein, und die Zeugen können kaum Worte genug finden, um dieselben zu schildern. Die Nacht war so finster, dass selbst bei Fackelschein Personen, die sich beinahe berühren konnten, einander nicht erkannten und kaum sahen. Der Aschenfall war so dicht, dass man kaum noch zu atmen vermochte, überall herrschte Schrecken und Entsetzen. Auch Leon war schon um 11 Uhr verdunkelt, kurz nach Mittag Granada und gegen 3 Uhr Nandaima, ja bis zu dem 140 Seemeilen, also etwa so weit wie Göttingen von Berlin entfernten Rives soll sich die Finsternis erstreckt haben.

Der Staat San Salvador war zum grössten Teile verdunkelt; auch in Guatemala nahm der Aschenregen wieder zu und schob seine Grenzen weiter nach Westen vor; die ganzen Altos wurden von ihm überzogen; Sololá und Quezaltenango, Totonicapan und Gueguetenango wurden von ihm heimgesucht, und in S. Marcos war er am Morgen des 24. noch so stark, dass man an einen Ausbruch des nachbarlichen Vulkanes von Quezaltenango glaubte. Selbst jenseits der Grenzen von Guatemala zu Tapaschuda in Soconusca (330 Seemeilen) und zu Socoltenango in Chiapas fiel noch Asche; 355 Seemeilen vom Coseguina entfernt, soweit wie vom Vesuv bis nach Klagenfurt oder von Berlin bis nach Zürich.

Von diesem gewaltigen Paroxysmus rührte auch der Aschenfall her, den man an der Nordküste von Jamaica bemerkte und anfänglich dem Ausbruche eines Vulkans auf den Kleinen Antillen zuzuschreiben geneigt war. Er verhüllte hier am 24. Januar zwischen 2 und 4 Uhr in St. Anas die Sonne und hatte am Morgen des 25. die Umgebung von St. Marys und Port Antonio mit seinem vulkanischen Staube bedeckt. Port Antonio ist vom Coseguina etwa 730 Seemeilen, noch etwas weiter wie Berlin vom Vesuv, entfernt, doppelt so weit als Socoltenango absteht, der entfernteste Punkt,

von welchem der Aschenfall auf dem zentralamerikanischen Kontinente berichtet wird. Man hat daher bekanntlich gleich bei der ersten Kunde dieses Aschenfalles auf Jamaica denselben nicht mehr der direkten Wirkung einer geradezu ins Abenteuerliche gesteigerten Wurfkraft des Vulkanes zuschreiben mögen, sondern einem Transporte durch den herrschenden Wind, wobei derselbe alsdann bei dem bekanntlich im Winter über die ganze Karibensee brausenden Nordostpassate für den oberen rückkehrenden Äquatorialstrom einen noch besseren Beweis liefert als die Asche, welche bei dem Ausbruche des Morne Gaoou am 1. Mai 1812 auf Barbadoes fiel.

Mit diesem furchtbaren Paroxysmus scheint sich die vulkanische Thätigkeit erschöpft zu haben; denn sie begann nun rasch zu ebben. Schon gegen 3 Uhr nachmittags begann es bei Realejo so weit aufzudämmern, wie in einer finsteren Mondnacht, und am Abende des 23. Januar vermochte der kräftige Nordwind die Gegend von Leon aufzuhellen, so dass die geängstigten Bewohner wieder die untergehende Sonne zu erkennen vermochten. Am Morgen des 24. gegen 5 Uhr fing es endlich auch in dem unglücklichen La Union an, sich aufzuklären, und man konnte den Mond und selbst einige Sterne erkennen. Bis zum 27. dauerte dann der Aschenregen, verbunden mit häufigem Erbeben des Bodens, wenn auch in schwächeren Graden, noch fort. Noch am 27. war zu Guatemala die Atmosphäre wieder dicht mit vulkanischem Staube beladen, und erst am 30. Januar war sie wieder vollkommen klar und rein. Furchtbare wolkenbruchartige Regengüsse folgten in der unmittelbaren Nähe des Vulkanes dem Aschenausbruche. Am 9. Februar war der Vulkan selbst noch in dicke Wolken gehüllt, und am 15. stiess er noch „Feuer und Rauch“ aus und machte die Umgegend noch von Zeit zu Zeit leise erbeben, dann aber liess seine Thätigkeit immer mehr nach, um allmählich ganz zu erlöschen. Die Aschenmenge, die der Vulkan in dieser Eruption auswarf, muss eine ungewöhnlich grosse gewesen sein, doch reichen die Angaben über die Verbreitung und besonders über die Mächtigkeit derselben leider nicht aus zu einer genaueren Berechnung. Bei der Hacienda Coseguina sollen die Asche und Rapillen 3 *m* hoch gefallen sein, und die Ausgrabungen Sir Edw. Belcher's bei Monypenny point, welche in $4^1/_2$ Fuss die ehemalige Oberfläche noch nicht erreichten, beweisen, dass dieselben sich auch hier in bedeutender Mächtigkeit abgelagert hatten. In La Union fiel die Asche 12 *cm* hoch, und zu Nacaome lag sie überall wenigstens 5 *cm* hoch, erreichte aber stellenweise die Mächtigkeit von fast 0.5 *m*. In der Fonsecabai waren zwei kleine, etwa 150 und 650 *m* lange Inselchen und mehrere Untiefen aufgeschüttet worden. Nach Südosten hin war der Aschenfall, wie auch nach allen Berichten über die Eruption schon zu erwarten war, ein geringerer, denn schon auf der Hacienda S. Antonio bei Realejo betrug derselbe nur etwa 2 *cm*. Kein Lavastrom scheint den mächtigen Aschenausbruch begleitet zu haben.“

Der Vulkan Izalco, der 1769 entstanden und seitdem fast ununterbrochen mehr oder weniger thätig gewesen ist, konnte durch v. Seebach, da gerade eine Ruhepause eingetreten war, bestiegen werden. Der Krater ist kein einfacher, kreisförmiger, sondern wird von drei kleinen Becken gebildet. „Das mittlere Becken hat etwa 60 *m* im Durchmesser und fällt so steil nach innen ab, dass man, ohne die grösste Wahrscheinlichkeit, in den in seiner Mitte gelegenen Eruptionskanal zu stürzen, nicht in dasselbe hinabsteigen kann. Dieser Schlund ist etwa 30′ breit, seine Wände erscheinen, wahrscheinlich durch einen Überzug zusammenhängender Lavamasse, völlig kompakt wie eine grosse Felsmasse, von braungrauer Farbe. Diese Esse erschien damals völlig erloschen, auch nicht eine Spur von Dämpfen stieg aus ihr auf. Die Wände des umgebenden Beckens bestehen aus Asche und Rapillen, die zum Teile an ihrer Oberfläche zusammengekittet sind. Ich wälzte einen ziemlich grossen Lavablock auf den Kraterrand und liess ihn in den gewaltigen Schornstein hinabstürzen. Obgleich man ihn lange fallen und anschlagen hörte, so war trotz der vollkommenen Stille ein endliches Auffallen nicht zu vernehmen. Ebensowenig gelang dies mit zwei anderen Blöcken, mit denen dies Experiment wiederholt wurde.“

Unter den Vulkanen des südlichen Guatemala, deren v. Seebach speziell gedenkt, muss hier der Agua erwähnt werden, der schönste von allen. Seine Höhe ist wiederholt trigonometrisch und barometrisch gemessen worden, doch schwanken die zuverlässigen Angaben noch immer zwischen 3150 und 4000 *m*. Er ist oft bestiegen worden. Am berühmtesten wurde der Vulkan durch den einzigen geschichtlich bekannten Ausbruch von 1541, der die Stadt Guatemala zerstörte. Das Ereignis hat ihm den Namen „Wasservulkan“ eingetragen, doch ist man über die Natur dieser Katastrophe noch durchaus nicht einig. Humboldt glaubte an die plötzliche Eröffnung unterirdischer Wasserbecken oder den Ausbruch eines Kratersees, Moritz Wagner an einen Schlammausbruch, Dollfus und Montserrat meinen, dass durch ein Erdbeben die Kraterwände geborsten seien, und das im Kraterbecken aufgestaute Regenwasser ausgebrochen wäre. Nach sorgsamer Prüfung der Quellen kommt v. Seebach zu folgendem Ergebnisse:

„Das Jahr 1541 war in Guatemala ein ungewöhnlich nasses und regenreiches gewesen. Im September aber begann am Nachmittage des 8. ein ununterbrochener Regen, verbunden mit heftigem Sturme, und nach dem einen mit sehr starkem, nach dem Juan de Alvarado zuzuschreibenden Berichte mit nur mässigem Niederfalle von Wasser, der bis Sonntag Mittag andauerte. Während dieses Regens, am Sonnabend den 10. September, etwa 2 Stunden nach Eintritt der Dunkelheit, brach die Katastrophe herein. Jählings stürzte sich unter schrecklichem Tosen ein gewaltiger Strom von Schlamm und Wasser, untermischt mit Gerölle, Felsblöcken und Bäumen, den Berg herab in die unglückliche Stadt. Über zwei

Klafter mächtig ergoss er sich, und obschon der Schlamm so zähe war, dass D. Francisco de la Cueva, der bis zum Gürtel in ihn eingesunken, sich kaum mehr zu bewegen vermochte, floss er doch (anfänglich) mit so reissender Geschwindigkeit, dass er mit einem übergetretenen Bergstrome verglichen wird, ungeheuere Massen bewegte und ganze Häuser mit sich fortriss.

Felsblöcke, so gross „wie 10 Ochsen", führte er mit sich wie Schneckenhäuser auf dem Wasser; sie liegen noch da, ein Wahrzeichen des furchtbaren Naturereignisses. Die Verheerungen in der Stadt und unter den unglücklichen Einwohnern sind für unseren Zweck von geringerer Bedeutung. So kann ich die einzelnen Unglücksfälle übergehen.

Während dieser Strom Ciudad Vieja verwüstete, fand aber gleichzeitig weiter östlich in reichlicher Entfernung von „3 tiras de balista" von der Stadt ein zweiter ganz ähnlicher Erguss statt, der den ersteren an Furchtbarkeit und Gewalt sogar noch übertraf.

Bei diesen Berichten wird wohl niemand an die Mitwirkung einer vulkanischen Thätigkeit, noch auch selbst an „durch Erdbeben geöffnete unterirdische Gewölbe" in dem Vulkane denken mögen. Die letzteren vermag ich nach meinen ganzen Ansichten über den inneren Bau der Vulkane, wenigstens in hinreichender Grösse, mir so wie so nicht vorzustellen. Nur das regenreiche Jahr und der „temporal" sind. die Ursachen des Ereignisses. Dasselbe ist aber nicht durch den Durchbruch des in dem Kraterbecken aufgestauten Regenwassers erzeugt worden. Die geringe Grösse des Kraterbeckens, das, wie ich nicht bezweifele, schon damals durch die Spalte und den Barranco im NNO entwässert, wurde, ist als Beweis hierfür, wie erwähnt, schon von Moritz Wagner gewiss mit Recht hervorgehoben worden. Entscheidend ist aber die Beschreibung von der Beschaffenheit des Schlammes, der die Stadt überflutete. Ein solcher zäher dicker Gesteinsbrei konnte selbst in den Aschen und Rapillen durch einen nur vorübergehend und mit grosser Geschwindigkeit herabströmenden Bergstrom nicht erzeugt werden, derselbe setzt vielmehr eine lang andauernde und innige Mischung mit dem Wasser voraus, welches die ungewöhnlich starken Sommerregen nur allzu reichlich geliefert hatten. Mit dem Hinzutreten von diesem waren aber auch alle Bedingungen erfüllt, welche, wie A. Baltzer in seiner interessanten Arbeit über die Bergstürze in den Alpen hervorhebt, erforderlich sind, damit ein Bergrutsch, und zwar die einfachste Form eines solchen, zu stande kommt. Indem die äusseren der mantelförmig ziemlich steil abfallenden vulkanischen Sande und Rapillen mit Wasser stark sich durchtränkten, wurden sie aufgelockert, ihr Gewicht vermehrt, und sie glitten, unterstützt durch die gleichzeitig verminderte Reibung, auf der festen Basis irgend eines alten Lavastromes in die Tiefe.

Die gran tormenta „vom 10. September 1541, von welcher der kleinere westliche Arm die alte Stadt Guatemala zerstörte, ist ein-

fach ein Bergrutsch, wie solche auch sonst in Zentralamerika nicht eben selten sind und dem Reisenden als „derumbos“ gezeigt werden.“

Den Gegensatz zum Agua bildet in der Benennung der Fuego, „der Feuerspeier“, wegen seiner andauernden Thätigkeit zur Zeit der Conquista. v. Seebach hat zuerst ausgesprochen, dass die Gruppe des Vulkans de Fuego, wie fast alle zusammengesetzten Vulkane Zentralamerikas, fast rechtwinkelig auf der grossen zentralamerikanischen Vulkanreihe auf einer Querspalte stehe und aus vier, von selbständigen Eruptionszentren aufgeschütteten Kegeln bestehe, von denen der dem Meere zunächst gelegene südlichste, der jüngste und heute allein noch thätige sei.

Der Kegel des Fuego mit dem aktiven Krater erhebt sich zu 4000 *m* und fällt, ausser im Norden, sehr regelmässig in die Tiefe. Sein Fuss allein ist mit Wald bedeckt, seine Abhänge sind aber schon sehr weit unten kahl und bestehen aus grauen Rapillen und Aschen, die fast geradlinig abfallend, mit einer Böschung von 30° rund sich aufgeschüttet haben. Der Gipfel des Fuegopiks besteht aber wiederum aus grösseren Lavablöcken.

Die Vulkane Äquatorialafrikas in ihrer Beziehung zu den grossen Bruchspalten dieses Erdteiles bespricht Dr. Hans Meyer[1]). Im Anschlusse an die Auffassungen von Suess schildert er Afrika als zwischen dem Atlantischen und Indischen Ozeane durch drei ungeheure Brüche gespalten, die von Süd nach Nord und einander fast parallel verlaufen und in der äquatorialen Zone vulkanische Bergbildungen von solcher Mächtigkeit hervorgebracht haben, wie sie im Tropengürtel nur noch der Erdteil Südamerika aufzuweisen hat.

Die grösste dieser 3 Spalten liegt im Osten Afrikas, die zweitgrösste auch noch in der Osthälfte, aber weiter nach der Mitte hin, und die kleinste im Westen, grossenteils sogar im Meere nahe der Westküste.

Die grosse Ostspalte beginnt im Süden augenscheinlich bei 6° südl. Br. und $34^3/_4$° östl. L. westlich vom Usagarabergland im Hochplateau von Ugogo, geht von dort nordwärts zum Manyarasee und erstreckt sich dann in grösster Mächtigkeit und Deutlichkeit am Kilimandscharo und Kenia vorbei bis zur Senkung des Rudolf- und Stefaniesees, von wo aus sie nordwärts am Ostrande Abessiniens entlang genau zu verfolgen ist bis zum Roten Meere. Über Afrika hinaus reicht sie durchs Rote Meer und das Tote Meer bis an das taurische Kettengebirge in 36° nördl. Br.

Die Zentralspalte beginnt im Süden bei etwa 17° südl. Br. und 35° östl. L., wo sie das obere Thal des Shireflusses bildet, bettet dann den Nyassasee in ihre Senkung, gewinnt aber erst nach der Abzweigung vom Nyassasee ihre grösste Entwickelung. Vom Nord-Nyassa wendet sie sich mehr westwärts, sammelt die Gewässer des

[1]) Deutsche geogr. Blätter **16.** Heft 2. p. 105.

Tanganikasees in ihren Tiefen, läuft dann im Thale des Rusizi vom Nord-Tanganika nordwärts zum Mfumbirogebirge, zum Albert-Edward- und Albertsee und folgt dem Laufe des weissen Nil bis in die Gegend von Dufile; darüber hinaus scheint sie sich nicht zu erstrecken.

Die Westspalte lässt durch die Lage der vulkanischen Inseln im Golfe von Guinea erraten, dass sie bei der Insel Anno Bon beginnt und sich über São Thomé, Principe und Fernando Póo zum Kamerunpik erstreckt, von wo aus ihr Verlauf nur auf einer kurzen Strecke bekannt ist; möglicherweise ist er weiterhin durch Adamaua zum Tsadsee gerichtet. Alle 3 Bruchspalten sind von Vulkanreihen besetzt, und zwar hat die Westspalte im Kamerunpik, die Zentralspalte in der Mfumbirogruppe, die Ostspalte im Kilimandscharo ihre mächtigsten Eruptionsherde.

Die grossen Vulkane dieser drei afrikanischen Bruchspalten liegen sämtlich in der heissen Zone. Der Kamerunpik (4200 *m*) im Westbruche steht auf $4^1/_4{}^0$ nördl. Br., im Zentralgraben der Mfumbiro (4000 *m*) auf $1^1/_4{}^0$ südl. Br. und der Gordon Bennett- und Mackinnonpik (4600 *m*) auf $^1/_2{}^0$ nördl. Br., in der Ostspalte der Elgon (4300 *m*) auf 1^0 nördl. Br., Kenia (5600 *m*) auf $^1/_4{}^0$ südl. Br., Meru (4400 *m*) und Kilimandscharo (6010 *m*) auf $3^1/_4{}^0$ südl. Br. Hat, fragt Dr. Meyer, diese Gruppierung der grössten Vulkane um den Äquator, die doch ein Zeichen dafür ist, dass hier die jüngeren Bruchspalten am weitesten und tiefsten sind, nun ihren Grund darin, dass hier am Äquator, wo die Erdrotation grösser ist als in den nördlichen und südlicheren Teilen der Brüche, auch die Zentrifugalkraft, welche ja die ganze Erde am Äquator angeschwellt und an den Polen abgeplattet hat, stärkere Spannungen der Erdrinde und tiefere Risse der Erdkruste verursacht hat, aus welchen dann grössere Lavaergüsse aufsteigen konnten als aus den vom Äquator abgelegenen weniger tief eingerissenen Bruchstrecken?

Jedenfalls ist die äquatoriale Lage eine gemeinsame Eigenschaft der grossen afrikanischen Vulkane, eine Eigenschaft, die aber auch das etwa 5000 *m* hohe nicht vulkanische Runsorogebirge am östlichen Ngesi mit ihnen teilt, welches gerade hierdurch mit beweist, dass die Gewalt der Spannung, der Bruch- und Faltenbildung in der äquatorialen Zone am stärksten gewesen ist.

Aus jedem der 3 Brüche beschreibt Dr. Meyer den grössten Berg in seinen Hauptzügen. Der Kamerunpik, dessen höchste Spitze gewöhnlich zu 3960 *m*, von Preuss aber zu 4200 *m* angegeben wird, ist bis zu 1000 *m* Höhe buschbewachsen und grösstenteils von Kulturen bedeckt. Von 1000 *m* ab beginnt die Urwaldzone und reicht bis 2200 *m*; sie besteht erst aus Buschwald, dann aus hochstämmigem, lichtem und weiterhin aus dichtem Walde, in dem aber von 1750 *m* an wieder Lichtungen auftreten. Über die geschlossene Waldgrenze bei 2200 *m* reicht der Baumwuchs in einzelnen Ausläufern bis 2700 *m*, im übrigen ziehen sich grasige Hügel und Gesträuch von der oberen Waldgrenze bis zu 2800 *m* hinauf, wo dann ein grasiges Hochplateau ausgedehnt ist. Von ihm aus betritt man bei 3000 *m* am Fusse des Hauptpiks Fako oder Mongo ma Loba die ersten Aschen-

felder, aber einzelne Gräser reichen bis zur Spitze bei 4200 *m*. Die letztere liegt auf dem Rande des alten Kraters („Victoria"), der im Süden niedriger als im Norden und im Nordwesten ganz eingestürzt ist. Eine Kuppenreihe reicht bis zum kleineren Pik Etinde (mit dem Krater „Albert") hinüber. Da der Berg wegen unzureichender Höhe überhaupt keinen ewigen, sondern nur temporären Schnee hat, so hat er natürlich auch keine permanente Schneegrenze.

In der Zentralspalte ist der Runsoro bisher nur von Stairs eine geringe Strecke weit und von Stuhlmann bis etwa 3800 *m* bestiegen worden. Während Stairs und Stanley viel von den Kraterformen des Gebirges fabeln, hat Stuhlmann, wie erwähnt, dargethan, dass es ein aus Glimmerschiefer und Diabas zusammengesetztes Faltengebirge ist, das aus mindestens vier grossen nordwest-südostlaufenden Hauptfalten besteht und in den höheren Partien etwa 35—40 *km*, mit den Vorbergen etwa 80 *km* lang ist. Während nach Osten das Gebirge allmählich zum Plateau von Nkole-Unyoro abdacht, fällt es im Westen steil zum zentralen Graben hinunter. Die Höhe des Runsoro dürfte 5000 *m* (Stairs 5100 *m*) noch ein wenig übersteigen. Mit dieser bedeutenden Höhe steht der Runsoro unter den Faltengebirgen Afrikas einzig da, denn in dem alten Erdteile ist im übrigen die Abtragung der alten Faltengebirge schon so weit vorgeschritten, dass nur noch ganz wenige von ihnen bis über 4500 *m* (Abessinien) hinausreichen. Also zeigt der Runsoro als Faltengebirge auch schon durch seine Höhe sein junges Alter an.

Bis zu 2000 *m* reicht (nach Stuhlmann) ungefähr das buschbewachsene Kulturland; dann beginnt die Urwaldzone, die sich etwa bis 3700 *m* erstreckt. Sie besteht anfangs aus reinem, tropischem Laubwalde, geht aber bei 2100 *m* in Bambusbestände über und wird bei 2300 *m* zu einem Ericaceenwalde, dessen Boden ein wirkliches Hochmoor mit Sphagnummoos, weiter oben mit viel Senecio Johnstoni und Lobelien (Rhynchopetalum) ist. Oberhalb der Waldgrenze wächst sehr wenig Gras, dagegen erstreckt sich Strauchgestrüpp von Ericinella und Helichrysen bis an die Schneegrenze, die bei etwa 4500 *m* liegen dürfte.

Der ewige Schnee erscheint von unten an den Rändern und Brüchen dunkel und hell geschichtet, was teilweise auf eine Vereisung mit Bänderstruktur, wie am Kilimandscharo, schliessen lässt Entsprechend den Haupterhebungen der 4 Falten hat das Gebirge überhaupt nur vier grössere Schneefelder, in anbetracht ihrer Lage aber wahrscheinlich keine Gletscher, da es auf den gestreckten Kämmen des jungen Gebirges keine so günstige Firnreservoirs giebt wie in den Kratermulden des Kenia und Kilimandscharo.

Den Kenia in der Ostspalte hat uns die Expedition Teleki 1888 erst näher kennen gelehrt. Da das Terrain seiner Unterlage nach Osten abfällt, so liegt sein Ostfuss in etwa 1000 *m*, sein Westfuss dagegen in etwa 2000 *m* Höhe; die Ostseite fällt langsam, die Westseite aber relativ steil ab. Die Urwaldzone, unterhalb deren der Berg von Busch umlagert ist, beginnt bei 2000 und reicht als hoher Laub- und Koniferenwald bis 2500 *m*. Zwischen 2500 *m* und 3050 *m* breitet sich eine Zone von dichtem Bambus aus, über welcher bis zu 3200 *m* lichte Koniferenbestände das Waldgebiet abschliessen. Von 3200 *m* bis 4500 *m* hinauf reichen Grasfluren und moosige Hochmoore, und während bei 4000 *m* Ende Oktober schon Neuschnee anzutreffen ist, liegt die Grenze des ewigen Schnees bei 4500 *m*. Der Firn ist dort bereits fest vereist, und grössere Eis- und Schneemassen füllen auch teilweise als Gletscher den Grund des 3000 *m* weiten und 200 *m* tiefen Kraterkessels aus, aus dessen Westseite bei 4700 *m* durch eine grosse Caldera die Schmelzwasser abfliessen. Auf dem Nordwestrande des Kraterzirkus hebt sich als Rest des ursprünglichen Kegels die höchste Keniaspitze, aus 2 Zacken bestehend, zu 5600 *m* empor.

Der Kilimandscharo, der aus einem tieferen Durchschnittsniveau der Hochebene (1000 *m*) aufsteigt als der Kenia (1500 *m*) und der Runsoro

(1700 *m*), ist auf der Südseite zwischen 900 und 1900 *m* buschbewachsen und von Kulturen bezogen. Die Urwaldzone reicht von 1900—3000 *m* und ist bis zu 2700 *m* hinauf hoher dichter Laubwald, in den letzten 300 *m* hochstämmiger Koniferenwald mit vorwiegenden Baum-Eriken. In einzelnen Zungen reicht der Baumwuchs bis zu 3200 *m*. Von der Grenze des geschlossenen Waldes (3000 *m*) bis 3900 *m* dehnen sich Grasfluren aus, und über diesen reicht Staudenflora mit Helichrysen, Gnaphalien u. a. bis an die Schneegrenze. Ewigen Schnee trägt nur der domförmige, jüngere und höhere Westgipfel Kibo, wogegen der ältere, steile, zerrissene und aus sehr porösen Laven bestehende Ostgipfel Mawensi keine dauernde Schneebedeckung halten kann. Am Kibo liegt die Schneegrenze im Süden und Westen etwa 1500 *m* tiefer als im Norden und Osten, und zwar dort bei 4000 *m*, hier bei durchschnittlich 5670 *m*; im Mittel beträgt also die Schneegrenzenhöhe 4835 *m*. Der Firn ist durchweg fest vereist und legt sich als ein bis 80 *m* dicker Eismantel rings um den Oberteil des Vulkankegels. Auch den 2000 *m* weiten und 200 *m* tiefen Kraterkessel füllt das Eis, das schöne Schichtung zeigt und stellenweise oberflächlich in nievepenitente-Formen zersetzt ist, zum Teile aus. Hängegletscher, die durch ihre eigene Schwere abrutschen, hat der Kibo zahlreiche, aber einen durch drängendes Nachwachsen sich fortschiebenden Gletscher erster Ordnung hat er nur im Südwesten, wo das Eis des Kraterreservoirs durch eine grosse Caldera austritt und in einem tiefen Barranco bis zu 3800 *m* Bergeshöhe hinabströmt. Die 6010 *m* hohe Spitze des Kibo steht auf der Südseite des Kraterrandes. Parasitische Kegel hat der Kilimandscharo an seinen Hängen und seinem Fusse in grosser Zahl, der Kenia nur sehr wenige.

Ein Vergleich der wichtigsten Charakterzüge der gesamten 4 Gebirgsstöcke untereinander ergiebt folgendes Gemeinsame: Die Urwaldzone liegt auf dem Kamerunpik (der am meeresnächsten und feuchtesten ist) in 1000—2200 *m*, auf Runsoro in 2000—3700 *m*, auf Kenia (unter derselben Breite wie Runsoro) in 2000—3200 *m*, auf Kilimandscharo (Südhälfte) in 1900—3000 *m* Höhe. Die Baumgrenze liegt auf dem Kamerunpik bei 2700 *m*, Runsoro 3700 *m*, Kenia 3500 *m*, Kilimandscharo 3200 *m*; die Schneegrenze auf Kamerunpik bei 0 *m* (zu niedrig), auf Runsoro ungefähr bei 4500 *m*, Kenia bei 4500 *m*, Kilimandscharo bei 4835 *m*. Gletscher hat nur der Kilimandscharo in grösserer Ausdehnung, und an ihm reichen sie bis zu 3800 *m* herab. Eine genaue Kurve der Firngrenze kann ich aus eigener Erfahrung nur vom Kibo geben, wo sie folgendermassen verläuft: Süden 4000, Südwesten 3800 (Gletscher), Westen 4200, Nordwesten 5650, Norden 5700, Nordosten 5750, Osten 5700, Südosten 5350 *m*.

Diese Schneegrenzangaben gewinnen aber erhöhtes Interesse, wenn wir damit die korrespondierenden Verhältnisse auf einigen unter den nämlichen Breiten stehenden Vulkanen Südamerikas in Vergleich ziehen. In Ecuador liegt auf dem Antisana die untere Schneegrenze im Südwesten bei 4618 *m*, im Nordwesten bei 4784 *m*, auf dem Sincholagua bei 4577 *m* (Nord), auf dem Quilindaña bei 4364 *m* (Nord), auf dem Cotopaxi im Norden bei 4762, im Osten bei 4512, im Süden bei 4629, im Westen bei 4627, eine Gletscherzunge im Osten bei 4230 *m*. Auf dem Tunguragua liegt die untere Schneegrenze im Nordwesten bei 4600, im Süden bei 4272 *m*, auf dem Iliniza bei 4653 *m* (über Cuturuchu), auf dem Carihuairazo im Süden bei 4675, im Osten bei 4386, im Norden bei 4500 *m*, auf dem Chimborazo im Norden bei 5039 (loma de Llamacorral), im Nordweste bei 4862 (hondon de Llamacorral), im Süden bei 5052 (Nuñuloma), im Südosten bei 4743 (Gletscher), im Osten bei 4550 *m* (Gletscher). In Columbien liegt auf dem Pan de Azucar die untere Schneegrenze im Westen bei 4501, im Süden bei 4519, im Osten bei 4424 *m*, auf dem Cumbal im Osten bei 4547, im Nordosten bei 4451 *m* (Gletscher), auf dem Chiles im Osten bei 4583, im Süden bei 4535, im Norden bei 4468 (Gletscher), im Süden bei 4413 *m* (Gletscher), auf dem Hondon im Westen bei 4651, im Osten bei 4379 *m* (Gletscher).

Wir sehen also, die äquatorialafrikanischen Schneeberge gliedern sich den übrigen äquatorialen Schneebergen bezüglich ihrer unteren Schneegrenzen ganz gleichartig ein, die auf ihnen in ihrer Gesamtheit etwas über 4500 *m* hoch im Mittel gelegen ist.“

Der Geysirdistrikt von Rotorua auf Neuseeland ist durch C. Malfroy besucht und beschrieben worden [1]). Der Beobachter hörte von den Anwohnern, dass die Geysire bei südlichen Winden unthätig, bei nördlichen dagegen sehr aktiv seien. Da nun dort bei südlichem Winde das Barometer meist hoch, bei nördlichem tief steht, so kam Malfroy auf den Gedanken, durch Verminderung des Druckes eine gewöhnliche heisse Quelle in einen Geysir zu verwandeln. Zu diesem Versuche wurde die Puia-Therme gewählt, die niemals Ausbrüche gezeigt hat. Man leitete durch einen Graben etwa 60 *cm* Wasserhöhe ab, worauf sofort eine Eruption von 9 bis 12 *cm* Höhe bei den Thermen eintrat. In der berühmten Geysirspalte von Whakarewarewa, wo 7 Geysire sind, die sich aber gegenseitig beeinflussen, so dass, wenn einer thätig ist, sein Nachbar ruht, wurde ebenfalls durch Ablassen des Wassers die Thätigkeit verändert. An einer anderen Stelle, dem sogen. Sanatorium, wurden 3 Geysire künstlich hergestellt durch Fassen der Thermen in 3 Röhren. Die Dampfentwickelung findet nach Malfroy nicht, wie Bunsen annahm, in der Steigröhre statt, sondern in einem unter derselben befindlichen Hohlraume.

Das Geysirphänomen. A. Andreae beschreibt [2]) die verschiedenen Apparate zur Nachahmung der Geysirerscheinungen und verbreitet sich dabei über die Geysire überhaupt. „Es ist,“ sagt er, „wohl mit Recht eine verbreitete Ansicht, dass kein Geysir, geologisch gesprochen, eine lange Dauer seiner Thätigkeit besitzt, Geysirgebiete sowohl wie die einzelnen Geysire sind ebenso und wohl noch in viel höherem Grade geologisch ephemere Gebilde, wie Vulkangebiete und Einzelvulkane. Die Geysire sind nur eine mehr oder weniger kurze Phase im Entwickelungsgange gewisser heisser Quellen. Auch giebt es alle möglichen Übergänge zwischen typischen Geysiren und gewöhnlichen kochenden Quellen einerseits, sowie Dampfquellen (steam vents) andererseits. Ein Geysir von geringer Intensität und mit kurzen Intervallen wird zu einem kochenden Sprudel. Ein Geysir, dem reichliche Wasserzufuhr fehlt, kann zur Dampfquelle werden. Zahlreiche andere Ursachen sind ferner denkbar, um einen Geysir zum Erlöschen zu bringen, die Wärmequelle, resp. Dampfzufuhr kann abnehmen, der hydraulische Druck kann durch Wachsen des Geysirrohres zu gross werden, durch fortgesetzte Auslaugung können die unterirdischen Reservoire schliesslich undicht werden u. s. w. Im Yellowstone-Parke finden wir offenbar alle möglichen Stadien

---

1) Transact. New. Zealand Inst. 1891. **24.** p. 579 u. ff.
2) Neues Jahrbuch für Mineralogie 1893. **2.** 1. Heft. p 1 u. ff.



Fig. 1.



Fig. 2.

Das grosse Erdbeben

vom 28. Oktober 1891 in Japan.

von Geysiren im Entstehen und Verfalle, die erforderlichen Bedingungen sind hier gegeben. Die gewaltige, wohl an vielen Stellen über 1000′ dicke Liparitdecke, auf welcher die Geysirbecken liegen, ist zerklüftet und bildet ein Plateau, das fast ringsum von 2000′ bis 4000′ höheren Bergen umgeben ist. Die von den Bergen abfliessenden, unter die Decke geratenden meteorischen Gewässer steigen als Quellen wieder auf den Spalten und Klüften in der Decke empor; denn geradeso wie die gewöhnlichen Quellen sind auch die Geysire von der Menge der atmosphärischen Niederschläge abhängig. Es kann nun die Frage gestellt werden, auf welche Art erfolgt die Erwärmung der Quellwässer, und woher stammt der Dampf? Entweder die grosse Liparitmasse besitzt in ihren tieferen Teilen selbst noch die genügende Temperatur, um den nötigen Dampf aus dem zufliessenden Wasser selbst zu erzeugen, was unwahrscheinlich ist, oder es strömt dieser aus tieferen, abyssischen Lavareservoiren zu, auf welchen sich im Erstarren befindliche, Wasserdampf abgebende Eruptivmassen befinden. Für die letztere Auffassung spricht unter anderem die Anordnung der grossen Geysirbecken auf einer geraden Linie, welche parallel dem Bruchrande der Gallatinberge verläuft, sowie die zahlreichen anderen Erscheinungen vulkanischer Nachwirkung, wie Solfataren und Mofetten. Die aufsteigenden überhitzten Dämpfe mengen sich also mit den meteorischen Quellwässern und erzeugen an die 3500 Thermen in dem Gebiete. Nur etwa der 40. Teil dieser Thermen kann als Geysire bezeichnet werden. Die direkte Bildung, d. h. gewissermassen das erste Debütieren eines Geysirs wird man wohl selten zu beobachten Gelegenheit haben, zumal die meisten Geysire anfangs wohl eine sehr unregelmässige und sporadische Thätigkeit besitzen, bis sich das die Thätigkeit regulierende Geysirrohr und eventuell auch Becken gebildet hat. Von dem Steamboot Vent im Norris-Geysirbecken liegen Nachrichten über seine Bildung vor, welche sich am 11. August 1878 wie es scheint, durch eine heftige Explosion ereignete. Nach den Angaben von Norris hat dieser Geysir eine doppelte Periode und zeigt einerseits kleine Eruptionen alle halbe Stunden und alle 6—7 Tage eine Haupteruption; zeitweilig scheint er dann wiederum ganz inaktiv zu sein. Bei diesem ebensowohl wie bei dem New Geysir hat noch kaum ein Absatz von Kieselsinter stattgefunden; sie bilden gegenüber der grossen Masse der anderen Geysire eine Ausnahme.

Nehmen wir für die normale Bildung eines Geysirs, für den wir nicht das zufällige Vorhandensein eines mehr oder weniger komplizierten Systemes von Röhren und Hohlräumen in der Erde voraussetzen wollen, folgende Art der Entstehung an: Eine reichlich Dampf führende Thermalquelle tritt auf einer in der Natur vorhandenen, vielleicht auch schon oberflächlich durch Verwitterung erweiterten Spalte in dem Liparite zu Tage. Sehr bald wird, namentlich randlich, der Absatz von Kieselsinter, der vorwiegend durch Verdunstung und durch Algenwachstum geschieht, beginnen

und, nach der Mitte der Quelle fortschreitend, eines jener prachtvollen blauen, oft kreisrunden und tief trichterförmigen Wasserbecken bilden. Häufig sind die Ränder dieser Quellen unterhöhlt, da der Absatz des Sinters oberflächlich am schnellsten fortschreitet. Mit der Zeit wird sich dann, wie Bunsen und Tyndall es geschildert haben, ein flacher Kegel aufbauen, in dessen Mitte wird für das aufsteigende heisse Quellwasser ein Kanal, das Geysirrohr, frei bleiben. Ein Geysirbecken wird entstehen bei regelmässigem, randlichem Überfliessen; eine Schornsteinbildung wird eher dann erzeugt werden, wenn das Geysirrohr für gewöhnlich nicht mit Wasser erfüllt ist, und der Absatz mehr bei und gleich nach der Eruption stattfindet, auch wenn die Algenthätigkeit beim Absatze des Sinters sehr überwiegt. Solche Geysire mit grossen Kegeln und Schornsteinen sind wohl meistens sehr alt, und der Great-Fountain-Geysir zeigt uns im unteren Becken gewissermassen ein Übergangsstadium von einem Geysire mit Becken zu einem solchen mit beginnendem Kegel. Peale hat auch auf die meist ungleichseitige Ausbildung der Geysirschornsteine und die eventuelle Beziehung zur Windrichtung hingewiesen. Entsprechend dem Volum der oberflächlich als Sinter abgesetzten und auch der in Lösung fortgeführten Substanzen hat aber unten eine Zersetzung und Fortführung von Gestein stattgefunden, die zur Bildung von Höhlungen und den für die meisten Geysire erforderlichen Reservoiren, resp. Dampfkesseln führen wird. Die grosse Fähigkeit von überhitztem, unter Druck stehendem Wasser, Gesteine zu zersetzen und zu lösen, ist ja bekannt. Die Bildung der Höhlen, resp. erweiterten Klüfte wird aber gerade da stattfinden, wo die überhitzten Dämpfe und die zirkulierenden Quellwässer sich vereinigen. Dies wären die verschiedenen Bedingungen, die zur Bildung von intermittierenden heissen Quellen erforderlich wären.

Zum Schlusse muss noch darauf hingewiesen werden, dass Geysire, wie es scheint, gerade nur da auftreten, wo wir Kieselsinter absetzende Quellen haben; dies ist der Fall im Yellowstonegebiete, dann in Nevada, auf Island, auf Neuseeland und wahrscheinlich in allen Geysirgebieten. Die Kalk absetzenden Quellen der Mammoth-hot-springs im Yellowstonegebiete, ebenso wie vieler anderer Quellgebiete, die ganz ähnliche Kalksinterterrassen besitzen, wie Pambuk-Kalessi bei Smyrna und Hammam Meskoutine bei Constantine, haben keine Geysire. Kalkkegel, welche zuweilen als erloschene Geysirkegel aufgefasst wurden, wie Liberty Cap an den Mammoth-hot-springs, sind wohl niemals Geysire gewesen, denn genau die gleichen, noch als gewöhnliche heisse Quellen thätigen Kalkkegel finden sich bei Hammam Meskoutine. Wahrscheinlich eignen sich die Kalk absetzenden Quellen deshalb nicht zur Bildung von Geysirrohren und Becken, weil der Absatz des Sinters hier einerseits zu schnell und unregelmässig, andererseits auch kaum dicht und fest genug erfolgt."

6. Erdbeben.

Das grosse Erdbeben vom 28. Oktober 1891 in Japan ist von B. Kotô untersucht worden[1]). Gegen 6^h 37^m mittlerer Zeit von Tokio erfolgte an jenem Tage der erste Stoss, wodurch Tausende von Menschen ihr Leben verloren und das, was in den Orten Ogaki, Gifu und Kasamatsu nicht unmittelbar vernichtet ward, nachträglich durch ausbrechende Feuersbrünste den Untergang fand.

In der Aluvialebene hauptsächlich in der Umgebung von Nagoja fand Kotó den Boden mit Tausenden von Spalten bedeckt; längs dem Shonai-gawa hatten sich kleine Schlammvulkane, ähnlich den Sandkratern von Achaja in Griechenland gebildet, und bei Biwashima, einer Vorstadt von Nagoja, entstanden auf einer Meile Weges Risse nahe den Flussufern und parallel denselben (Taf. IV, Fig. 2). Die mit Stroh gedeckten Dächer der zahlreich in der Mino-Owari-Ebene liegenden Häuser wurden in grosser Zahl abgeworfen und fielen sonst unbeschädigt auf den Boden, so dass die Fläche aus der Ferne wie mit Sätteln bedeckt erschien. Nordwärts von Nagoja bis Gifu, ein Weg von 20 engl. Meilen Länge, finden sich eine Anzahl von Dörfern, in denen die Häuser reihenweise eines über das andere geschoben wurden, so dass in der ganzen Erstreckung eine enge Gasse entstand zwischen zwei unentwirrbaren Trümmerhaufen (Tafel IV, Fig. 1).

Die Provinzialhauptstadt Gifu wurde grösstenteils umgestürzt und dann durch Feuer vernichtet, Ogaki, 7 Meilen westlich von Gifu, ward völlig dem Erdboden gleich gemacht und ebenfalls durch Feuer verheert. Das gleiche Schicksal erlitt Kasamatsu, am Nordufer des Kisogawa liegend. Noch grössere Konvulsionen ereigneten sich in dem Gebirgsdistrikte im Norden von Mino. Die Mino-Owari-Ebene ist einer der gesegnetsten Distrikte Japans und besitzt eine dichte Bevölkerung (304 Menschen auf den *qkm*); die Verheerungen, welche das Erdbeben anrichtete, waren dementsprechend gewaltig. Die folgende Tabelle zeigt dies im einzelnen:

Provinz	Getötete	Verwundete	Völlig zerstörte Gebäude	Halb zerstörte Gebäude	Verbrannte Gebäude
Mino	4 889	12 311	114 616	30 994	249
Owari	2 357	4 877	80 428	43 885	196
Mikawa	13	49	1 020	1 464	
Echizon	12	98	1 080	1 188	
Omi	6	47	153	366	
Miya	2	11	233	439	
Total	7 279	17 393	197 530	78 296	445

Im eigentlichen epizentrischen Distrikte, der in den Provinzen

[1]) Journal of the College of Science Imp. University Japan **5.** [Pt. 4.] Tokio 1893. p. 295 u. ff.

Mino und Owari und einem Teile der benachbarten Provinzen lag, und den man als Erschütterungsarm 1. Ordnung bezeichnen kann, war die Zerstörung der Gebäude eine fast allgemeine. Die ganze erschütterte Fläche umfasst 243 000 *qkm* oder mehr als $^6/_{10}$ des ganzen japanischen Reiches. Im Monate Oktober 1891 war im allgemeinen die Häufigkeit der Erdstösse in Japan gross, allein das Erdbeben, welches die angegebenen Verwüstungen anrichtete, traf die Bewohner völlig unvorbereitet.

Was die Ursache desselben anbelangt, so bemerkt B. Kotô, dass er schon bei Gelegenheit des Erdbebens am 28. Juli 1889 in der Nähe von Kumamato zu der Überzeugung gekommen sei, dass diese seismische Störung verursacht worden sei durch das Zusammenwirken eines Dislokationsprozesses und einem erfolglosen Anlaufe zu einer Eruption bei dem benachbarten, erloschenen Vulkane Nishiyama. Kotô vermochte 2 Hauptlinien nachzuweisen, längs deren die Erschütterungen und Verwüstungen hauptsächlich stattgefunden hatten, heftige Erdstösse zeigen nach seinen Erfahrungen überhaupt. Verwüstungen vorzugsweise in gewissen Linien, bei weniger heftigen lässt sich dies, wahrscheinlich aus äusseren Gründen, nicht nachweisen.

Verwerfungen werden überall in der Erdkruste angetroffen, und die Geologen sowohl als die Bergleute sind damit wohl vertraut, indessen kommen solche in bergigen Gegenden selten im äusseren Relief zur Erscheinung. In weniger gestörten Regionen, z. B. auf dem Plateau des Colorado oder am Ostrande des zentralasiatischen Hochlandes kann man Verwerfungslinien mit grosser Bestimmtheit nachweisen, und die Struktur des Untergrundes ist meist in deutlichem Grade in der Topographie der Gegend wiedergespiegelt. Die meisten Erdbeben in den Alpen und in Zentraleuropa werden linearen tektonischen Bewegungen der festen Erdkruste zugeschrieben, aber niemals hat sich eine entsprechende Verwerfungslinie dort irgendwo gezeigt, von der man behaupten könnte, dass sie zur Zeit eines Erdbebens entstanden wäre und füglich als Ursache der Störung angesehen werden müsste. Ganz anders bei dem in Rede stehenden Erdbeben von 1891 in Japan. Hier konnte man nicht nur thatsächlich einen solchen Bruch an der Oberfläche sehen, sondern auch seine Erstreckung und die Tiefe des Absinkens der Erdoberfläche genau messen. An einem Orte namens Midori im Neo-Thale wurde das flache Thalbett in longitudinaler Richtung gespalten, so dass eine steile Stufe von $5^1/_2$ bis 6 *m* vertikaler Höhe entstand, so dass man, von unten kommend, meinen könnte, vor einem Eisenbahndamme zu stehen; an anderen Stellen, wo die vertikale Erhebung nur 0.3 bis 0.6 *m* beträgt, gleicht das Ganze dem Pfade eines riesigen Maulwurfs oder der Spur einer Pflugschar. Die gesamte Länge dieser Verwerfungslinie beträgt 112 *km* zwischen den Orten Katabira und Fukiri. Gewöhnlich sieht man plötzliche Erhebungen, Vertiefungen oder

seitliche Verschiebungen der Erdoberfläche zur Zeit heftiger Erdbeben mehr als die Folgen wie als Ursache dieses letzteren an. Im gegenwärtigen Falle aber versichert Kotô mit voller Bestimmtheit, dass die Entstehung der grossen Verwerfungslinie das plötzliche Absinken der paläozoischen Schichten, begleitet von einer seitlichen Verschiebung gegen Nordwest im Neo-Thale die wahre Ursache des Erdbebens vom 28. Oktober 1891 war, also eines Erdbebens, das eine Fläche, so gross wie die britischen Inseln, Holland und Dänemark zusammen, erschütterte.

Erdbeben von Treguayo am 7. Juni 1891. A. Goiran hat dasselbe zum Gegenstande einer Untersuchung gemacht[1]). Ein sehr heftiger Stoss wurde in einem grossen Teile Süditaliens und der Südalpen verspürt. Auf dem Monte Michetto wurden 3 Kalksteinblöcke von 32 000 *kg* Gewicht $2^1/_2$ *m* weit fortgeschleudert. In Verona standen infolge des Stosses die in der Etsch liegenden Mühlen still. Nach Goiran sollen lokale rotatorische Bewegungen stattgefunden haben. Dem Hauptstosse gingen schwache Stösse vorauf, welche bei den Haustieren Aufregung hervorriefen.

Das Erdbeben von Civita lavinia am 22. Januar 1892 wurde von M. Baratta geschildert[2]). Es erfolgte $11^1/_2{}^h$ nachts ein Hauptstoss, dem viele schwache Stösse folgten. Das Epizentrum hatte die Form einer Ellipse, die sich von Frascati bis Velletri erstreckte. Leichte Schwingungen des Bodens wurden noch in der Provinz Ancona fühlbar. Nach Baratta ist dieses Erdbeben doch nur eine lokale Erscheinung gewesen, die wahrscheinlich durch Bewegungen auf einer Spalte im Inneren des Monte Arminio hervorgerufen wurde.

Das Erdbeben vom 26. August 1892 im zentralen Frankreich ist von P. Marty behandelt worden[3]). Er findet, dass damals 2 Stösse stattfanden, der eine 4^h 40^m, der andere 10^h 15^m vormittags mittl. Pariser Zeit. Die Bewegung war im allgemeinen von S nach N gerichtet. Als Sitz der schütternden Kraft findet Marty die Falte, auf welcher die tertiären Vulkane des zentralen Frankreichs sich erhoben, vielleicht gehe die Thätigkeit sogar von diesen letzteren aus.

Das grosse Erdbeben auf der Insel Zante 1893 ist von Prof. C. Mitzopulos geschildert worden[4]). Die Insel ist seit alters oft von Erdbeben heimgesucht worden, und kaum vergeht ein Jahr ohne starke oder leichte Stösse. Dem in Rede stehenden Erdbeben gingen Stösse im August bis Dezember 1892, dann am 22—29. Januar 1893 vorher. Die grosse Katastrophe fand am 31. Januar morgens 5^h 45^m statt.

---

1) Rasseg. d. Soc. Geol Italia **1.** fasc. 1—4. 12—15. 156—170.
2) Boll Soc. Geol. Italia **9.** p. 36. 1892.
3) l'Astronomie 1893. p. 262.
4) Petermann's Mitt. 1893. **7.** p. 166.

„Nach dem Berichte von Dr. Curtzolas war der Stoss wellenförmig und kam aus SO, was nach meiner eigenen Untersuchung nicht ganz richtig ist. Manche glaubwürdige und erfahrene Männer versicherten mir, als ich später die Insel besuchte, dass die Erschütterung anfangs wellenförmig, dann vertikal und stärker und am Ende wieder wellenförmig war. Nach dem Seismometer des Herrn Direktors Forster dauerte sie 25^s und erschütterte nicht nur die Insel Zante, sondern auch die benachbarten Landschaften Elis (Kyllini, Pyrgos, Katakolon), Achaja (Patras), Mesolongion und Kephallinía. In Athen und Korinth spürte man davon gar nichts."

Am 1. Februar 2^h früh erfolgte ein neuer wellenförmiger Stoss, ebenso am 2. 1^h nachmittags. Am 3. hielten die Bodenbewegungen und das unterirdische Getöse an, und auch in dem Monate März wurden zahlreiche Stösse verspürt. Am 17. April erfolgte eine zweite sehr starke Erschütterung, wellenförmig und von unterirdischem Getöse begleitet. Prof. Mitzopulos sagt: „Die Art und die Richtung dieses Erdbebens lassen sich nach meiner Meinung nicht ganz sicher bestimmen. Der Glockenturm von H. Dionýsios ist, wie ich erwähnte, nach SW, und die gegenüberstehende Wand der Kirche nach NO umgestürzt. Man hat hier also eine Richtung von SW nach NO, wie in Keri. Vom Stadttheater sind die SO- und NW-Wände umgefallen. An der Thür der südlichen Seite der Domkirche Hagios Nicolaos waren zwei steinerne Säulen mit der Wand verbunden; diese sind gespalten und nach S gefallen. Im Saale der Stadtbibliothek fielen die Bücher, welche an der südlichen Seite standen, nach N. Auf dem Kirchhofe fand ich eine ganz reine Richtung von O nach W, die auch rotatorische Bewegungen hervorrief. So war z. B. die auf dem Obelisken des Familiengrabes Luntzi stehende Urne, die nicht fest mit der Spitze des Obelisken verbunden war, direkt nach O gefallen. Dieselbe Richtung fand ich auf einem anderen Grabe, welches daneben stand; seine kleine, freistehende Marmorsäule lag ebenfalls nach O. Diejenigen Marmorsäulen aber, die fester an dem Grundsteine hafteten und einige Zeit den wellenförmigen Biegungen des Bodens folgen konnten, stürzten nach W; so ein Marmorkreuz von nur 1 *m* Höhe. Diejenigen Marmorsäulen endlich, die sehr fest durch eine Eisenstange mit der Marmorgrundlage verbunden waren, erlitten eine rotatorische Bewegung, wobei sie um 3—45° gedreht wurden; so z. B. der marmorne Engel, der auf dem stattlichen Mausoleum der Familie Karampini steht. Diese Erscheinung ist nach meiner Meinung ein Beweis, dass, wenigstens auf dem Kirchhofe, die Erdbebenwellen von O nach W gingen.

Aber ausser diesen wellenförmigen Bewegungen beobachtete man in der Stadt auch rein vertikale Stösse; ein glaubwürdiger Herr, der Prof. Maropulo, der mich überall hinführte, erzählte mir, dass er mit seinen Augen bemerkte, wie der Glasschirm seiner Lampe hinaufgeschleudert wurde und dann auf den Boden fiel und zerbrach,

während die Lampe mit dem Zylinder stehen blieb, ohne irgend Schaden zu nehmen.

Die umgestürzten Gebäude der Stadt und des Dorfes Gaïtáni zeigten ein solches Durcheinander, dass man nur auf sehr verwickelte Bewegungen schliessen kann. In einer Strasse von Gaïtáni war der Kirchturm nach N, von den gegenüberstehenden Wänden zweier Häuser aber die eine nach N und die andere nach S gefallen. Im Pfarrhause von Lithakiá war die auf Steinsäulen ruhende östliche Front eingestürzt, die Säulen aber waren stehen geblieben.

Alle diese Erscheinungen nötigen mich, die Wahrnehmung eines Beobachters als richtig zu betrachten, dass das Erdbeben vom 5./17. April wellenförmig anfing, dann vertikal wurde und am Ende wieder in wellenförmige Bewegung überging, wobei Wellen aus verschiedenen Richtungen, von S, SO und S kamen.

An allen Häusern und Kirchen fand ich viele Risse, aber nach so verschiedenen Richtungen, dass ich fast keine davon benutzen konnte. An einigen wenigen Kirchen (Episkopiani, S. Markos), sowie am Pfarrhause von Lithakiá sah ich an den nördlichen oder südlichen Wänden Risse von 45° Neigung. Aber das ist nicht genug, nach bekannten Methoden, die Tiefe des Zentrums zu ermitteln, da wir das Epizentrum, welches sicher auf dem Meeresgrunde zwischen Zante und dem Peloponnes liegt, nicht kennen. Den Stoss vom 5./17. April hat man auch in Patras, Katakolon, Pyrgos, Kylleni, Mesolongion, Kephallinía, Strophades u. s. w. gefühlt, aber die Nachrichten sind so ungenau, dass wir damit zu keinem Resultate kommen können. Wo lag das Epizentrum? Sicher sehr nahe der Küste von Zante und nicht auf einem Punkte, sondern nach meiner Meinung auf einem bogenförmigen Gebiete, welches Zante vom Peloponnes und den Strophades trennt. Als sehr wahrscheinlich kann man annehmen, dass dieser Bogen in einer Entfernung von 15—20 *km* von der Stadt Zante liegt. Wenn also der Emersionswinkel 45° ist, so findet man das Erdbebenzentrum in einer Tiefe von 20 *km*.

Die zerstörende Wirkung beider Erdbeben (vom 19./31. Januar und vom 5./17. April) verbreitete sich über ein und dasselbe Gebiet, nämlich fast über die ganze östliche Hälfte der Insel. Die Grenzlinie zwischen dem erschütterten und nicht erschütterten Gebiete kann man von H. Joannis im N über den Fuss des aus Hippuritenkalk bestehenden Schichtensattels bis nach Megálo Wunó und dann bis nach der westlichen Küste, unweit von Agalás ziehen. Selbst die verheerenden Stösse hat man in Athen nicht gefühlt, was nicht der Fall gewesen wäre, wenn wir empfindliche Seismometer hätten. Ein solches habe ich im vorigen Jahre entworfen und hier konstruieren lassen, doch konnte es wegen der Ungeschicklichkeit des Mechanikers nicht in Anwendung kommen. Wenn wir als richtig annehmen, dass die Stösse, die man in Italien im Januar wahrgenommen hat, aus Zante kamen, so muss ein Areal von 1600 *km* Durchmesser, ungefähr 2 Millionen *qkm*, erschüttert worden sein."

„Es ist keine Frage, dass alle die verheerenden Stösse von Zante und den übrigen Teilen des ionischen Gebietes Dislokationsbeben sind, die längs der grossen Spalte zwischen dem Festlande und den Ionischen Inseln auftreten. Die feste Erdkruste ist hier schräg zur Spalte in grössere oder kleinere Schollen zerstückelt, welche fortwährend durch Kontraktion, Faltung, Zerreissung u. s. w. in Bewegung stehen; und aus diesem Grunde wandern die Erdbebenzentren. So wurden z. B. im Jahre 1846 (14./26. Juni) Messenien, 1867 Kephallinia, 1886 Messenien, 1887 die Strophades heimgesucht. Auch die Scholle, welche das mittlere Senkungsfeld von Zante bildet, und ein Teil des Gebirges (Keri) nehmen an diesen fortgesetzten Dislokationen teil, welche noch auf lange Zeit der schönen Insel gefährlich sein werden."

Prof. A. Philippson tritt mehreren Ausführungen Mitzopulos' entgegen[1]). Er findet, dass die Richtung des zweiten Hauptstosses von SW nach NO ging. Auf Zante selbst fand Dr. Philippson[2]) die Zerstörungen sehr ungleichmässig. Die Dörfer und Häuser, welche auf dem festen Kalkgebirge stehen, sind sämtlich unversehrt geblieben, zerstörend wirkte der Stoss nur auf den lockeren tertiären Ablagerungen und dem Schwemmlande der Ebene. Im Hauptteile der Stadt, welcher meist aus grossen, stark gebauten, mit eisernen Klammern verstärkten Häusern besteht, ist äusserlich nur selten eine Beschädigung wahrzunehmen. Ganz anders dagegen in den Vorstädten, in denen die ärmere Bevölkerung in elenden Häuschen lebt; ferner sind die Stadtteile, welche sich an den Abhängen der Tertiärhügel hinaufziehen, arg mitgenommen. Dort sind ganze Häuserkomplexe in ein Chaos von Schutt verwandelt. Die zusammengestürzten Häuser erwiesen sich dem Beobachter aber fast sämtlich als solche, welche lediglich aus rohen, unbehauenen, mit Thon zusammengeklebten Feldsteinen ohne Anwendung von Kalkmörtel errichtet waren. Dass solche Mauern keinen Widerstand leisten können, ist klar. Nach Dr. Philippson hat man das Zentrum des Erdbebens unter dem Boden des Ionischen Meeres zu suchen; es gehört nach ihm zu den tektonischen Beben und steht mit dem fortdauernden ruckweisen Einsinken des Bodens des tiefen ionischen Meerbeckens in ursächlichem Zusammenhange. Mit vulkanischer Thätigkeit hat dieses Erdbeben nichts zu thun.

Frankreich und Algerien in seismischer Beziehung. Montessus de Ballore sucht[3]) einen Zahlenausdruck für die Sismizität einer bestimmten Erdregion zu finden. Nach seiner Ansicht findet ein gewisser Zusammenhang zwischen der Beschaffenheit der Erdoberfläche und den Erdbeben statt, und aus statistischen Aufzeichnungen über die Zahl der stattgehabten Erdbeben können weitere

---

1) Petermann's Mitt. 1893. 9. p. 215.
2) Verhandlungen der Berliner Ges. für Erdkunde 1893. p. 160 u. ff.
3) Annales des mines 1892. [9]. 2. p. 317 u ff

Schlüsse auf den Einfluss des Erdreliefs und der geologischen Beschaffenheit desselben auf die Sismizität gezogen werden. Bezeichnet S die in betracht gezogene Fläche der Erde, n die Zahl der Tage mit Erdbeben in p Jahren, so erhält man $S \cdot \frac{p}{n}$ als Fläche, auf die durchschnittlich ein Erdbebentag entfällt. Der reziproke Wert wird vom Verf. als Mass der Sismizität angenommen. Unter diesen Voraussetzungen findet er aus den ihm zu Gebote stehenden Erdbebenverzeichnissen und unter Zugrundelegung des Quadratkilometers als Flächenmass für die Seealpen die Sismizität 313, für die Pyrenäen 4990, für Savoyen und die Dauphiné 10716, für das Elsass 13150, für Korsika 159036. Hiernach entfällt im Mittel pro Jahr 1 Tag mit Erdbeben in den Seealpen auf je 313 *qkm*, im Elsass erst auf 13150 *qkm* u. s. w. Der Vorschlag des Verf., die obige Relation als Mass der Sismizität zu benutzen, hat manches für sich, obgleich dabei die Intensität der Erschütterungen nicht berücksichtigt werden kann. Um auf kleinere Zahlen zu kommen, dürfte es sich aber empfehlen, die Quadratmeile als Grundmass der Fläche zu nehmen.

Eine wahrscheinliche Fernwirkung des japanischen Erdbebens von Kumamato (am 28. Juli 1889), ist von Dr. v. Rebeur-Paschwitz konstatiert worden[1]). Er bemerkt über die aufgezeichneten Störungen folgendes:

„1. Potsdam. Nach vollkommener Ruhe zwischen 5^h und 20^h am 27. Juli beginnt um 20^h mikroseismische Bewegung, welche am 28. Juli zwischen 15^h und 23^h ihr Maximum (Amplitude 8 *mm*) erreicht. In den ersten Teil derselben fallen die beiden Störungen, deren durch plötzliches Anwachsen der Schwingungen gekennzeichnete Hauptmomente bei 3.49^h und 6.15^h M. Z. Gr. liegen. Beiden Störungen gehen kleinere Bewegungen vorher, die sich aber nicht von den gewöhnlichen mikroseismischen unterscheiden und nur 6—7 *mm* Amplitude besitzen, während diese bei den Störungen 28 und 21 *mm* beträgt. Der Beginn der 2. Störung ist etwas unbestimmter als der der ersten.

2. Wilhelmshaven. Am 27. Juli 7^h—21^h sehr ruhig, dann Unruhe, die am 28. Juli bald nach 0^h ihr Maximum erreicht (Ampl. 8—9 *mm*), zur Zeit der Störungen schon geringer ist und um 7^h wieder verschwindet. Die Momente 3.42^h und 6.00^h bezeichnen die Zeitpunkte, wo die Kurve infolge stärkerer Schwingungen fast unsichtbar wird. Die Amplitude beider Störungen betrug mindestens 25 *mm*. Die Zeitbestimmungen für Potsdam verdienen grösseres Vertrauen.

Aus vorstehenden Angaben ergeben sich als die wahrscheinlichsten Momente für das Eintreffen der Hauptstörung an einem mittleren Orte (Breite = + 52.97°, Länge = 10.61° ö. Gr.):

3.47^h und 6.10^h M. Z. Greenw.

[1]) Astron Nachr. Nr. 3174.

Die Entfernung von Kumamato bis zu diesem Punkte im Bogen grössten Kreises ist 8860 *km*, das Komplement zum Erdumfange also 31 140 *km*. Unter Berücksichtigung der Zeitdifferenz von 9^h 19.3^m fand der Erdstoss um 3^h 28.2^m M. Z. Gr. statt, es folgen also die Zeitdifferenzen 67.5^m und 225.3^m, und daraus Fortpflanzungsgeschwindigkeiten von 2.188 und 2.304 *km*. Es ist leicht zu übersehen, dass mit Rücksicht auf die Ungenauigkeit der Zeitbestimmungen ein Wert von etwa 2.3 *km* den Beobachtungen vollkommen Genüge leistet. Derselbe stimmt merkwürdig gut überein mit dem vom Verf. für das japanische Erdbeben am 18. April desselben Jahres gefundenen [1]). Die Entfernung betrug dort 9000 *km*, die Zeitdifferenz $64{,}3^m$, und die Geschwindigkeit v war 2.334 *km*.

Einige neuere Wahrnehmungen an Niveaus bei Gelegenheit heftiger Erdbebenkatastrophen haben zu grösseren Werten von v (3 *km* und mehr) geführt. Es ist nicht anzunehmen, dass für diese Grösse überhaupt ein konstanter Wert existiert. Denn wenn schon in der nächsten Nähe des Zentrums die einander widersprechendsten Geschwindigkeiten gefunden werden, so mögen auch bei der Fortpflanzung in grössere Entfernung erhebliche Unterschiede sich herausstellen. Es mag auch sein, dass die Erdbeben gewisser Gebiete günstigere Bedingungen für eine weite Fernwirkung darbieten, als andere. Aus demselben Grunde ist vielleicht auch das Eintreffen der 2. Welle von besonderen Umständen im Verlaufe der Erdbewegung abhängig. Bei sehr grossen, stundenlang andauernden Erdbewegungen müssen beide Störungen sich miteinander vermischen.

So heftig das Erdbeben vom 28. Juli war, so wurde doch der in Tokio aufgestellte Seismograph nicht in Bewegung versetzt. Wenn der hier vorausgesetzte Zusammenhang mit den beobachteten Störungen der Wahrheit entspricht, was besonders im Hinblicke auf den älteren ähnlichen Fall wahrscheinlich ist, so beweist dieser Umstand, wie vorzüglich das Horizontalpendel zur Beobachtung von Fernwirkungen geeignet ist.

Kleine Erderschütterungen am selbstregistrierenden Horizontalpendel auf der Sternwarte zu Strassburg und Nicolaiew 1892 bespricht Dr. v. Rebeur-Paschwitz [2]). Es ergiebt sich aus den Vergleichungen, dass in vielen Fällen an beiden (im Bogen grössten Kreises 1813 *km* und in gerader Linie 1807 *km* voneinander entfernten) Stationen Erschütterungen beobachtet wurden, die auf die gleiche Ursache bezogen werden können. Viele Störungen dauern stundenlang. „Da selbst die kleinsten unter denselben mit anscheinend unverminderter Intensität sich über Tausende von Kilometern fortpflanzen, so befindet sich in solchen Fällen immer ein grosser Teil der Erdoberfläche im Zustande der Vibration.“

---

1) Nature 1889. **40.** p. 294—295.
2) Astron. Nachr. Nr. 3152.

Mikroseismische Erdpulsationen. Schon seit Jahren sind den Astronomen gewisse, sehr selten eintretende, eigentümliche Bewegungen der Blasen an den Niveaus ihrer Messinstrumente bekannt. Meist bestanden diese Bewegungen in regelmässigen Oszillationen der Blase von verschiedener Dauer und Amplitude, und es gelang nach gleichzeitigen Nachrichten, die beobachteten Störungen in Verbindung mit entfernten Erdbeben zu bringen, wodurch auch ein gewisses Licht über Form und Art der Fortpflanzung der Erdbebenwellen verbreitet wurde.

Beobachtungen ähnlicher Art haben schon vor vielen Jahrzehnten Argelander, Wagner, Gromadski, Fuss und Romberg gemacht; trotzdem dürften derartige Störungen auch gegenwärtig von den Astronomen als seltene Ereignisse angesehen werden, die wohl vorübergehend eine Arbeit stören können, aber allein vom Standpunkte des Astronomen aus betrachtet, von keinem weiteren Interesse sind.

Mannigfache Erfahrungen, welche in den letzten Jahren bei Gelegenheit der andauernden Beobachtung selbstregistrierender Horizontalpendel gemacht wurden, haben nun mit Evidenz das gar nicht seltene Auftreten ähnlicher Erdbewegungen ergeben, welche zwar meist geringfügig sind, aber doch zuweilen eine Intensität erreichen, vermöge deren sie zu einer Fehlerquelle für manche Beobachtungen werden können.

Dr. v. Rebeur-Paschwitz hat bei seinen Beobachtungen am Horizontalpendel auf Teneriffa[1]) in einzelnen Fällen eine Art von Bewegungen des Erdbodens gefunden, die in ihrem Auftreten nicht an das Vorkommen von eigentlichen Erdbebenstörungen gebunden ist. Später entdeckte er, dass die Aufzeichnungen des Apparats in Strassburg vom 19. Oktober 1892 Zickzacklinien von nicht weniger als 193 aufeinander folgende Oszillationen zeigten, die im Laufe von etwa einem halben Tage sich ereignet hatten. Etwas Ähnliches wiederholte sich am 21. Dezbr. 1892. In diesen beiden Fällen ist die Amplitude der Bewegungen eine sehr geringe, und wird vom Beobachter die doppelte Böschung der Welle auf nur 0.05″ veranschlagt. „Erst vor kurzem," bemerkt Dr. v. Rebeur-Paschwitz[2]), „sind die interessanten Ergebnisse veröffentlicht worden, welche Prof. Milne in Tokio mit einem sehr ähnlichen Apparate ebenfalls auf photographischem Wege erhalten hat. Sein „Tromometer" besteht aus einem leichten Pendelstabe, welcher dadurch in horizontaler Lage erhalten wird, dass, während das eine mit einer feinen Spitze versehene Ende sich auf eine am unteren Teile einer Säule angebrachte Achatfläche stützt, das freie Ende durch einen zum Kopfe der Säule schräg hinaufführenden Seidenfaden getragen wird. Im Prinzipe ist dieses „konische" Pendel offenbar identisch mit dem Horizontalpendel.

---

1) Klein, Jahrbuch 3. p. 131 u ff.
2) Astron. Nachr. Nr. 3177.

Mit diesem Instrumente sind unter Anwendung rasch bewegter, sehr empfindlicher Platten und von Magnesiumlicht Aufnahmen der von Milne mit dem Namen „earth pulsations“ belegten Erdwellen gemacht worden, von denen sich eine bildliche Darstellung in dem neu erschienenen „Seismological Journal of Japan“, Vol. I, 1893, befindet. Die Bewegung der Platte betrug in diesem Falle 24 Zoll pro Minute, und es erscheinen auf derselben schöne regelmässige Wellen von wechselnder Periode (3.4^s—4.6^s) und Amplitude. Aus vielen ähnlichen Beobachtungen wurde die Maximalböschung dieser Wellen auf 1 : 40 000 bis 1 : 200 000 geschätzt, was ungefähr 5" — 1" entspricht, doch werden diese Zahlen mit Reserve mitgeteilt, weil sie auf unsicheren Konstantenbestimmungen beruhen. Nach meinen eigenen Beobachtungen möchte ich glauben, dass dieselben zu gross geschätzt sind. Dass jene Wellen nichts mit den gewöhnlichen Pendelschwingungen zu thun haben, wurde durch Aufnahmen des schwingenden Pendels gezeigt, wobei sich eine abweichende, und zwar konstante Periode ergab.

Es beweisen diese Beobachtungen in Verbindung mit den von mir nun schon unter mehrfach veränderten Bedingungen erhaltenen, dass zu gewissen Zeiten die Erdoberfläche wie der Spiegel einer Wasserfläche unter dem Einflusse von Wellenbewegungen steht, an denen alle Gegenstände teilnehmen, und die daher ein beständiges Hin- und Herschwanken der letzteren um die Lotlinie zur Folge haben, wie man es im grossen Massstabe an den Masten eines von der Dünung bewegten Schiffes wahrnehmen kann. Kann man jenen Vergleich in Beziehung auf die Form der Wellen machen, so scheint er nicht minder mit Rücksicht auf ihre Mannigfaltigkeit gerechtfertigt, und es mag Punkte auf der Erdoberfläche geben, welche noch auffälligere Erscheinungen als unsere Beobachtungen aufweisen.

Wenn es auch verfrüht wäre, über die Häufigkeit dieses Phänomens bestimmte Angaben zu machen, so kann doch so viel gesagt werden, dass es durchaus nicht selten eintritt. Nach der Ansicht von Milne zeigt es sich vorzugsweise dann, wenn ein steiler Barometergradient vorhanden ist. Dass es indessen noch durch andere Ursachen bedingt sein muss, geht daraus hervor, dass es oft sporadisch während einiger Stunden in einer Periode auftritt, in der der Gradient sich nicht wesentlich verändert haben kann, ferner daraus, dass sich zuweilen mitten in einer längeren Reihe von Wellen vollkommen ruhige Stellen vorfinden.

Bereits bei früherer Gelegenheit hat Verf. von der „mikroseismischen Bewegung“ gesprochen, welche bisher an allen Beobachtungsstationen zuweilen in sehr auffallender Intensität bemerkt worden ist. Die Gegenüberstellung der Kurve eines vollkommen ruhigen Tages und derjenigen eines Tages mit starker mikroseismischer Bewegung giebt am besten eine Vorstellung von dem wechselnden Zustande des Erdbodens. Bezüglich des Vorkommens dieser Be-

wegung hat sich aus seinen früheren Beobachtungen bis 1891 ergeben, dass dasselbe im allgemeinen an das Auftreten starker Winde gebunden ist, obgleich auch Ausnahmen hiervon vorkommen, und dass dieselbe sich über grössere Gebiete verbreitet, da bei den Beobachtungen in Deutschland im Jahre 1889 die Angaben der beiden Stationen meist übereinstimmten.

Hiernach ist es sehr wahrscheinlich, dass zwischen den beiden eben geschilderten Klassen von Erdbewegungen nur ein quantitativer, aber kein qualitativer Unterschied besteht. Da mit steilen barometrischen Gradienten wohl in der Regel Wind, wenn nicht an dem Orte der Beobachtung selbst, doch in einiger Entfernung davon, verbunden ist, und die Erdpulsationen vermutlich sich mit einer Geschwindigkeit von mindestens 2 *km* pro Sekunde fortpflanzen, so sind die angeführten Bedingungen für das Auftreten jener Bewegungen wohl als identisch anzusehen, wobei aber festzuhalten ist, dass dieselben nur im allgemeinen die Wahrscheinlichkeit bestimmen.

Bei den verschiedenen Störungsfiguren der Horizontalpendelkurven ist es unmöglich, von vornherein zu sagen, ob dieselben von Schwingungen des Pendels oder von oszillatorischer Bewegung des Erdbodens herrühren, mit Ausnahme derjenigen Fälle, in welchen, wie in dem oben angeführten vom 19. Oktbr. und 21. Dez. 1892, die Form und Periode der Wellen deutlich erkennbar und dadurch unzweifelhaft auf den letzteren Ursprung hingewiesen ist. Bei der Mannigfaltigkeit der beobachteten Perioden werden aber oft Fälle eintreten können, in welchen die Periode der Erdoszillationen in einem derartigen Verhältnis zu der Schwingungsdauer des Pendels steht, dass letzteres in schwingende Bewegung gerät, welche je nach den Umständen durch die Bewegung der Unterlage vermehrt oder vermindert werden kann."

„Es ist daher," fährt Dr. v. Rebeur-Paschwitz fort, „ein naheliegender Gedanke, welcher durch die direkten Beobachtungen an Niveaus beim Vorübergange von Erdbeben eine Stütze erhält, dass die meisten der beobachteten Störungen durch Wellenbewegung des Erdbodens und nicht durch Vibrationen erzeugt werden. Demgemäss ist es wahrscheinlich, dass in den Perioden sogenannter mikroseismischer Störung, welche sich oft über mehrere Tage erstreckt, wiewohl die mittlere Lage der Erdoberfläche dieselbe bleibt, Schwankungen nach beiden Seiten vorkommen, welche bei feineren Beobachtungen merklich werden und jenen Mangel innerer Übereinstimmung hervorrufen können, der sich oft bemerkbar macht.

Eine genauere Untersuchung dieses interessanten Gegenstandes erfordert ein empfindliches Horizontalpendel, bezw. ein Tromometer, mit photographischer Registrierung, welche so eingerichtet ist, dass die lichtempfindliche Schicht eine sehr rasche Bewegung erhält, damit auch die Wellen von kurzer Periode deutlich getrennt werden. Durch solche Aufnahmen, die unter möglichst verschiedenen Bedingungen wiederholt werden müssten, würde leicht zu entscheiden

sein, welche Rolle die freien Schwingungen des Pendels spielen, da die Periode derselben bekannt ist.

Zum Schlusse möge eine Bemerkung von Milne Platz finden, welche sich auf die Möglichkeit eines anderweitigen störenden Einflusses der Erdpulsationen bei astronomischen Beobachtungen bezieht. Auf Seite 112 des Vol. I des „Seismological Journals" wird erzählt, dass Prof. Todd bei der Beobachtung der totalen Sonnenfinsternis von 1887 eine 40-füssige Linse zur photographischen Aufnahme der Sonnenkorona benutzte. Obwohl der Heliostat sowie alle übrigen Apparate auf Steinpfeilern montiert waren, war es doch zuweilen unmöglich, ein stetiges Bild zu erhalten. Milne meint, dass möglicherweise das Auftreten starker Erdpulsationen der Grund hiervon war, und dass letztere ebenso gewissen Spektralbeobachtungen zeitweise hinderlich sein dürften. Es wird auch darauf hingewiesen, dass diese Erdwellen, welche auch im Inneren der Erde bemerkbar sind, bei grösserer Amplitude geradezu praktisch wichtige Folgen haben können, indem sie die Lösung bestehender Spannungen in der Erdkruste begünstigen."

Verf. giebt auf einer Tafel eine Darstellung des Aussehens der vom Apparate gelieferten Aufzeichnungen. Von denselben sind auf Tafel III einige reproduziert. Die dargestellten Kurvenstücke beziehen sich durchweg auf einen Zeitraum von $14^1/_2$ Stunden. Verf. giebt dazu folgende Erläuterung:

Fig. 1. Strassburg 5. März 1893 0^h — 15^h M. Z. Sehr regelmässige Niveauveränderungen verbunden mit vollständiger Ruhe des Erdbodens.

Fig. 2. Strassburg 21.—22. Dezember 1892 10^h — 2^h. Regelmässige, durch eine kleine Unstetigkeit unterbrochene Niveauveränderung mit lange anhaltenden Erdpulsationen von $2^1/_4{}^m$ Periode. Die Wellen sind so dicht gedrängt, dass infolge der Ausdehnung des registrierenden Lichtpunktes nur die Spitzen derselben hervortreten, wodurch die Kurve an den Rändern ein gezacktes Aussehen erhält.

Fig. 3. Strassburg 23.—24. Dezember 1892 16^h — 7^h. Beispiel sehr unregelmässiger Niveauveränderung bei schwacher Unruhe des Erdbodens

Fig. 4. Strassburg 8.—9. Januar 1893 17^h — $8^1/_2{}^h$, und

Fig. 5. Strassburg 14.—15. Januar 1893 18^h — 9^h. Zwei Fälle mikroseismischer Bewegung von offenbar verschiedenartigem Verlaufe. Das in Fig. 4 sichtbare periodische Anschwellen und Abnehmen der Bewegung tritt zuweilen noch auffälliger und regelmässiger hervor. Die Form der Kurve lässt vermuten, dass keine Schwingungen des Pendels stattgefunden haben. dass vielmehr die Ausschläge ausschliesslich von Erdpulsationen kurzer Periode und wechselnder Amplitude (Maximum 0.26") herrühren. Fig. 5 ist ein typischer Fall starker mikroseismischer Bewegung.

7. Inseln, Strandverschiebungen, Korallenriffe.

Die Insel Rügen ist nach ihrem geologischen Baue und ihrer Oberflächengestaltung von R. Credner geschildert worden[1]). Das Areal der Insel beträgt 967 *qkm.* Sie ist der Nordostseite des vorpommersch-

[1]) Forschungen zur deutschen Landes- und Volkskunde 7. Heft 5.

mecklenburgischen Küstenlandes vorgelagert und von diesem ganz ähnlich wie die benachbarten Inseln Usedom und Wollin und wie bis in kurze Vorzeit noch die inzwischen landfest gewordenen ehemaligen Inseln Darss und Zingst nur durch schmale und meist flache Meeresteile getrennt. Die Insel erhebt sich aus dem flachen Küstenmeere als ein durch Buchten und Meeresarme und dazwischen vorspringende Landzungen ausserordentlich reich gegliedertes, an manchen Stellen förmlich zerstückeltes und zerlapptes Landgebilde, dessen mannigfaltige Küstenentwickelung keine andere der deutschen Inseln auch nur annähernd erreicht. „Auf der Ostseite zunächst greift die See in einer Reihe breiter bogenförmig gerundeter, dünenumsäumter Buchten („Wieken") zwischen steiluferigen Vorsprüngen höheren Landes in die Insel ein. Von Süden nach Norden folgen einander die Buchten zwischen Thiessower Höft und Lobberort und zwischen letzterem und dem Nordperde bei Göhren auf Mönchgut, dann diejenige zwischen dem Nordperde und dem Quitzlaser Orte in der Granitz und weiter in Form mächtiger Kreissegmente die Prorer Wiek zwischen Granitz und Jasmund und die Tromper Wiek zwischen letzterem und der Halbinsel Wittow. Ungleich komplizierter noch gestaltet sich die Gliederung der Westküste. Zwar verleiht hier das dicht vorgelagerte Hiddensöe mit seinem langgestreckten, fast geradlinigen Westufer der Inselgruppe Rügens einen einförmigen Abschluss gegen die westliche Ostsee. Im Norden und Süden aber greift diese letztere, dorl im „Libben", hier im „Gellen Strom", um die Spitzen jener Insel herum, erweitert sich zwischen ihr und Rügen zu den flachen, nur durch künstliche Fahrrinnen untereinander und mit der äusseren See verbundenen Schaproder- und Vitter-Bodden und dringt in den Rassower Strom, den Wieker und Breeger Bodden vielfach verzweigt und zerlappt als Grosser und Kleiner Jasmunder Bodden tief in das Innere der Insel nach Osten und Südosten hinein, und zwar bis in unmittelbare Nähe der von Osten her eingebuchteten Prorer und Tromper Wiek, so dass sich hier die östlichen und westlichen Gewässer bis auf wenige hundert Meter einander nähern.

Auch diese von Westen her in die Insel eindringenden Binnengewässer besitzen, eine 12 *m* tiefe Stelle am Ausgange des Jasmunder Boddens bei Wittower Fähre ausgenommen, nur geringe Tiefen, im Grossen Jasmunder Bodden von 7—8, sonst von 4—5 *m*, so dass ein Sinken des Ostseespiegels um nur 10 *m* eine fast vollständige Verlandung dieser Wasserflächen im Gefolge haben würde. Gleichzeitig würde unter dieser Voraussetzung auch weitaus der grösste Teil des Greifswalder Boddens und des Strelasundes trocken gelegt werden und die Küste Vorpommerns der jetzigen 10 *m*-Tiefenlinie folgend, eine ähnliche Umrissgestaltung gegen die Stettiner Bucht erhalten, wie diejenige Hinterpommerns in Pommerellen gegen die Danziger Bucht oder diejenige Holstein-Wagriens gegen die Neustädter Bucht.

Mit der reichen Gliederung der Küstenumrisse Rügens vereinigt

sich eine nicht minder mannigfaltige Oberflächengestaltung, wie sie auf so kleinem Gebiete sonst kaum im norddeutschen Flachlande wiederkehren dürfte. Berge und Hügel der verschiedensten Form, bald zu vielbuckeligen Gruppen, bald zu langgestreckten Rücken geordnet, wechseln mit flachwelligen und fast plattenförmig ebenen Geländen, durchzogen und zergliedert hier von flachen Thalmulden und breiten Thalniederungen, dort von steil eingeschnittenen Thalschluchten und überall gleichsam durchlöchert von zahllosen, teils wassererfüllten, teils vermoorten und ausgetrockneten, grossen und kleinen abflusslosen Söllen und Pfuhlen. Diese Hügel und Berggelände aber erfüllen nicht in ununterbrochenem Zusammenhange die gesamte Insel, vielmehr bilden dieselben eine Anzahl grösserer und kleinerer sich scharf von einander abhebender, vollkommen isolierter Erhebungsmassen, gewissermassen „Inselkerne“, die nur durch äusserst niedrige Landstriche miteinander verbunden und nur locker zu der vielgliederigen Gesamtinsel vereinigt sind. Guirlandenförmig ziehen sich solche Flachlandstreifen, bisweilen nur wenige hundert Meter breit, in weitem, gegen die See geöffnetem Bogen, wie beispielsweise in der Schaabe zwischen Jasmund und Wittow von einem Inselkerne zum anderen, um scharf und oft unvermittelt an deren steil aufsteigendem Rande abzuschneiden. Aus grösserer Entfernung von der See, namentlich von Osten her gesehen, scheint daher die Insel aus einer Gruppe hügelig-bergiger Einzeleilande zu bestehen, und in der That würde eine nur geringfügige Veränderung des Meeresniveaus, ein höherer Stand desselben von nur etwa 5 *m* jene flachen Verbindungslandstriche in fast ihrem ganzen Umfange verschwinden und jenen aus der Ferne durch die Wölbung des Meeresspiegels vorgetäuschten Zustand zur Wirklichkeit machen.“

„Die älteste auf Rügen vorkommende Formation gehört der Kreideperiode an, während deren ebenso wie der grösste Teil Norddeutschlands weite Gebiete des heutigen Ostseebeckens und seiner Umrandung vom Obersenonmeere überflutet lagen und von dessen Sedimenten — in der baltischen Meeresprovinz von der Schreibkreide — überdeckt wurden. Noch vor Abschluss der Kreidezeit muss jedoch der südliche Strich dieses obersenonen Meeres und mit ihm auch die Gegend des heutigen Rügens trocken gelegt und dem südlich angrenzenden Festlande angegliedert worden sein. Nur weiter im Norden über dem heutigen Seeland und Südschweden breitete sich auch während des jüngsten Abschnittes der Kreideperiode, in der Danienzeit, das Meer aus, an dessen Ufern und auf dessen Boden die Faxe- und Saltholmkalke jener Gebiete zur Ablagerung gelangten. Mit der Schreibkreide schliessen die Marinbildungen auf Rügen ab. Tertiärablagerungen sind bisher anstehend mit Sicherheit nicht nachgewiesen, ebenso wenig auch präglaziale Meeresbildungen. Auf der Schreibkreide lagern vielmehr unmittelbar die Moränenabsätze der älteren Glazialzeit. Über die Schicksale des rügenschen Bodens in der Zwischenzeit herrscht daher völliges

Dunkel, da das Fehlen aller aus derselben stammenden Ablagerungen ebensowohl auf dem Bestehen festländischer Verhältnisse während dieser Zeit, als auch auf einer späteren Abräumung seitens des in der Folgezeit über das Gebiet der Insel vorrückenden Inlandeises beruhen kann. Nur in der Umgebung des heutigen Rügens, speziell im Nordosten und Osten desselben, muss eine tertiärzeitliche Meeresbedeckung stattgefunden haben."

Erhebliche Lagerungsstörungen haben das Grundgebirge Rügens während der Tertiär- und Präglazialzeit nicht betroffen, so dass die Ausbreitung der ersten Binneneisdecke und ihrer Grundmoräne im Gebiete des heutigen Rügens auf einer ziemlich abnormen und ungestörten, dem Vorrücken der Eismassen keinen erheblichen Widerstand entgegensetzenden Kreideplatte erfolgt sein muss. „Erst nach dem Absatze der unteren Glazialbildungen, nach Abschluss der ersten Vergletscherungsperiode, begannen sich diejenigen Veränderungen der Reliefverhältnisse anzubahnen, durch welche der Grund zu der heutigen Konfiguration des Bodens der späteren Insel gelegt wurde. Durch Lösung herrschender, wenn auch zur Zeit in ihrer Ursächlichkeit noch nicht ergründeter Spannungsdifferenzen rissen Klüfte und Spalten in verschiedenen, aber gesetzmässig verlaufenden Richtungen auf und zerstückelten das cretaceïsche Grundgebirge und die ihm aufgelagerte altglaziale Decke in Schollen und Streifen, die sich gegeneinander zu Horsten, Senkungs- und Bruchfeldern verschoben: an Stelle der bis dahin ebenflächigen Platte entstand in der Interglazialzeit ein Schollengebirge.

Über dieses westbaltische Schollengelände breiteten sich sodann in der späteren Glazialzeit die von neuem vorstossenden Inlandeismassen aus und bedeckten seine gleichzeitig durch glaziale Denudation mehr oder minder umgestaltete Oberfläche mit ihrem Moränenschutte und dessen Schlämm- und Auswaschungsprodukten, und zwar nunmehr im Gegensatze zu der einförmigen Ablagerungsweise der älteren Glazialbildungen, den nun bestehenden Unebenheiten des Gletscherbodens entsprechend, in Gestalt einer äusserst verschieden mächtigen und zugleich höchst wechselvoll und wirr zusammengesetzten mantelförmigen Decke.

Mit dieser neuen, aus den oberen Geschiebemergeln und ihren sandigen, grandigen und kiesigen Auswaschungsprodukten aufgebauten Oberfläche ausgestattet, tritt das Gebiet des heutigen Rügens in die Postglazialzeit ein. Über das von den zurückweichenden Eismassen geräumte Baltische Becken breiten sich die Gewässer der heutigen Ostsee aus. Durch Überflutung der tiefer gelegenen Einsenkungen am Rande und inmitten des Gebietes des jetzigen Rügens wird dieses letztere endgültig als Insel vom Festlande getrennt und gleichzeitig von Armen und Buchten des Meeres durchschnitten und zergliedert. Nur die durch horstartiges Aufragen von Grundgebirgsschollen oder durch mächtigere Anhäufung jüngerer Glazialschuttmassen hinlänglich erhöhten Partien ragen nunmehr als Inseln über der sich aus-

breitenden Wasserfläche empor: sie repräsentieren die als Inselkerne skizzierten Hauptteile Rügens, die sich infolge ihrer gegenseitigen orographischen und geologischen Isolierung noch jetzt deutlich voneinander abheben.

Mit der Ablagerung des jungglazialen Deckgebirges ist die Herausbildung der Oberflächengestaltung dieser Inselkerne im wesentlichen abgeschlossen, spätere postglaziale Veränderungen beschränken sich auf lokale Umlagerungen von Gesteinsmaterial durch die Thätigkeit des atmosphärischen Wassers und der Winde, auf den Einbruch vereinzelter Erdfälle, auf Abrutschungen randlicher Gebirgsteile unter der Einwirkung der Schwere und auf Moorbildungen in Thälern und abflusslosen Depressionen.

Ganz andere Bedeutung wie für die Oberfläche der das Meeresniveau zum Teile hoch überragenden Inselkerne erlangt die Postglazialzeit für deren Randpartien, sowie für die zwischen ihnen liegenden, sie voneinander trennenden Meeresarme. Innerhalb derselben macht sich seit Rückzug des Eises und ihrer teilweisen Überflutung durch die Baltische See zunächst ein steter Wechsel der zerstörenden und der ablagernden Thätigkeit des Meeres geltend. Unter dem Anpralle der Brandungswellen, unterstützt durch die Wirkungen der Atmosphärilien, entwickeln sich an den schroffer aufragenden Rändern der Inselkerne die heutigen Steilküsten. Abseits derselben aber bleibt der Landansatz im Übergewichte. Durch denselben verwachsen die Inselkerne miteinander, Meeres- und Flugsande gestalten die flachen, der See abgewonnenen Landstriche zu Dünengeländen, Moore breiten sich auf den weiten, wasserreichen Niederungen aus und verwandeln seichte Buchten der Binnengewässer zu flachen Torfwiesen — der Rügensche Archipel verschmilzt zum reichgegliederten Eilande."

Prof. Credner betont nachdrücklich, dass die Vorstellung, als ob die in die Insel eindringenden und dieselbe von dem Festlande trennenden Buchten und Meeresstrassen Einbrüchen der See und durch Wellen und Sturmfluten erzeugten Landzerstörungen ihre Entstehung verdankten, dass Rügen also gleichsam die Ruinen eines durch die Meeresbrandung zerstückelten und schliesslich aus seinem Verbande losgelösten Vorsprunges des pommerschen Küstenlandes darstelle, irrig ist. Eine nähere Prüfung zeige, dass diese Auffassung Rügens als einer „Erosionsinsel" der Wirklichkeit nicht oder doch nur in sehr beschränktem Masse entspricht. „Man gelangt vielmehr zu der Erkenntnis, dass sowohl die das Eiland durchziehenden, als auch die dasselbe von dem Festlande trennenden Meeresteile von der Erosion unabhängige Bildungen sind, und zwar der Hauptsache nach ursprünglich vorhandene Einsenkungen repräsentieren, welche unmittelbar aus der Konfiguration des von Moränenmaterial der jüngeren Eiszeit aufgebauten Bodens hervorgegangen und später von der Ostsee überflutet und in deren Bereich einbezogen worden sind."

Die Insel ist nach Credner ein typisches Beispiel der von F. v. Richthofen aufgestellten Kategorie der „Abgliederungsinseln“, entstanden durch das Eindringen des Meeres in die Hohlformen des Landes, und zwar repräsentiere Rügen im Vereine mit der Mehrzahl der übrigen Eilande der westbaltischen Inselzone den „Cimbrischen Typus“ dieser Abgliederungsinseln, indem die von dem Meere überfluteten Hohlformen einem flachbodigen Lande angehören und mit dem Glazialphänomene auf die Weise in Zusammenhang stehen, dass sie der ungleichmässigen Ablagerung von Moränenmaterial ihren Ursprung verdanken.

Die Beantwortung der Frage, in welchem Abschnitte der Postglazialzeit die Abgliederung von dem Festlande stattgefunden hat, ist schwierig; nur ein Schluss scheint aus den vorliegenden Beobachtungen mit einiger Sicherheit gezogen werden zu dürfen, derjenige nämlich, dass der Eintritt jenes Ereignisses nicht bereits in den Beginn der Postglazialzeit fällt, sich nicht unmittelbar an den Rückzug des Inlandeises anknüpft, sondern erst in einem späteren Abschnitte der rezenten Periode erfolgt ist.

Die Steilküsten Rügens verdanken ihre Entstehung der Abrasionsthätigkeit des Meeres und der Denudation seitens der Atmosphärilien und des fliessenden Wassers. „Ihre heutige Erscheinungsweise ist das Gesamtresultat aller der einzelnen Zerstörungs- und Umgestaltungsvorgänge, welche sich unter der Einwirkung dieser Agenzien an den höher aufragenden Randpartien der Inselkerne Rügens seit ihrer Umspülung durch die Ostsee abgespielt haben.

Aber auch der gegenwärtige Zustand gewährt nur ein vergängliches Augenblicksbild. Unaufhaltsam schreitet auch heute noch das Zerstörungswerk an den Steilufern der Insel weiter fort. Dieselben Kräfte wie in den früheren Stadien funktionieren auch heute noch und arbeiten unablässig an der Vernichtung und an der Umformung der Steilküsten weiter.

Von dem früheren Arbeitseffekte des einen der beteiligten Agenzien allerdings, nämlich von demjenigen der Meeresbrandung, gewährt der jetzige Zustand nur noch eine schwache Vorstellung. Die zerstörende Kraft der Wellen, ursprünglich der Hauptfaktor bei der Herausbildung der Steilküsten, hat seitdem mehr und mehr Einbusse erlitten und besitzt in dem gegenwärtigen Stadium nur noch untergeordnete Bedeutung. Denn in demselben Masse, als die Steilufer tiefer angeschnitten und weiter zurückgedrängt worden sind, hat sich die an Stelle des abradierten Landstreifens geschaffene Brandungsterrasse verbreitert und gleichzeitig durch Aufhäufung der Residuen der unterwühlten und infolge dessen abgestürzten und von den Wellen ausgeschlämmten Gesteinsmassen erhöht. So hat sich der heutige Zustand herausgebildet, wo ein stellenweise 20 und mehr Meter breiter, von mächtigen Haufwerken nordischer Blöcke und Feuersteinknollen bedeckter Vorstrand den Fuss der Steilufer auf fast ihrer ganzen Linie umsäumt, über welchen hinweg die Wellen nur

bei heftigen Stürmen und bei Sturmfluten die Steilwände selbst noch erreichen, sich sonst aber, bei gewöhnlichem Wasserstande und schwächerem Wogengange, an dem Blockwalle des Vorstrandes brechen und ihre Kraft verlieren.

Nur ganz lokal, wie z. B. am Schnaksufer zwischen Tipper Ort und den Wissower Klinten an der Ostküste Jasmunds und an dessen Südostküste, am Herrenbade von Crampass, erleidet dieser Vorstrand eine Unterbrechung. Hier brandet daher die See auch bei leichterem Wellenschlage noch unmittelbar bis an die in beiden Fällen aus Schreibkreide bestehende Steilwand heran, und ist infolge dessen auch gegenwärtig noch Gelegenheit geboten, die Thätigkeit der Brandungswelle zu beobachten und ihre Wirkungen selbst sowohl an der Abrasionsterrasse wie an den horizontal verlaufenden hohlkehlenartigen Einkerbungen und grösseren und kleineren kesselförmigen Erosionslöchern nahe der Basis der Uferwand in ihrer Entstehung und Weiterentwickelung zu verfolgen. Nur nach heftigen Stürmen und Sturmfluten bekunden auch an den übrigen Küstenstrecken frisch entstandene Anschnitte, Anschürfungen und Unterspülungen seitens der Wellen, dass die zerstörende Wirkung der Meeresbrandung noch nicht völlig erloschen ist, vielmehr, wenn auch nur ausnahmsweise und in untergeordnetem Massstabe, noch gegenwärtig an der weiteren Zurückdrängung der Steilufer mitarbeitet. Nahezu ist aber auf Rügen fast überall dasjenige Stadium erreicht, wo die Steilküste so weit landeinwärts gerückt ist, als die Brandungswelle dieselbe bei unverändertem Meeresstande zu verschieben vermag. Von obigen Ausnahmefällen abgesehen, beschränkt sich die Thätigkeit der Brandungswelle gegenwärtig im wesentlichen auf die Aufarbeitung, Saigerung und Fortführung des unter der Einwirkung der atmosphärischen Agenzien und des fliessenden Wassers von den Steilufern herab- und dem Strande zugeführten Abwaschungs- und Abbruchsmateriales, sowie auf die Zerkleinerung und Abschleifung der als Residuen des letzteren den Vorstrand bedeckenden Block- und Geröllhaufwerke.

Einen weit besseren Einblick als in die Abrasionsarbeit des Meeres gewährt der heutige Zustand der Steilküsten in die Thätigkeit der fliessenden Gewässer und der Atmosphäre, also des Wassers auf seinen ober- und unterirdischen Bahnen, des Temperaturwechsels, des Windes und des Regens. Ihren Einwirkungen hauptsächlich verdanken die Steilküsten Rügens ihre heutige Gestaltungsweise, vor allem aber ihre abwechslungsvolle Gliederung, ihren Reichtum an malerischen Felspartien; andererseits sind sie es, welche gleichzeitig selbst wieder unablässig an der Vernichtung der von ihnen geschaffenen landschaftlichen Reize arbeiten, die kühn aufstrebenden Felswände abzutragen und an Stelle deren imposanter Steilheit einförmig abgeflachte Böschungen und Uferlehnen zu setzen im Begriffe sind.“

Irrig ist nach Credner's Ausführungen die Meinung, dass noch heute das Meer sich auf Kosten des Inselareales immer weiter aus-

breite; ein Landverlust in diesem Sinne finde gegenwärtig nicht mehr oder doch nur ganz lokal statt. Über den Betrag des früheren Arealverlustes der Inselkerne infolge der Herausbildung der Steilküsten könne man sich annähernd aus der Verbreitung der die letzteren umsäumenden „Steinriffe" (der Überbleibsel der von der Meeresbrandung zerstörten, vorwiegend diluvialen Gesteinskomplexe) orientieren. Der Verlust ist hiernach ein ziemlich geringfügiger: selbst an dem den Meereswellen am meisten exponierten Punkte, an dem Vorgebirge von Arkona, übersteigt die Breite des durch Abrasion zerstörten Uferstreifens nicht den Betrag von 1 *km*.

Während die höher aufragenden Randpartien der Inselkerne durch Abrasion und Denudation mehr und mehr abgeböscht und zurückgedrängt wurden, vollzog sich gleichzeitig abseits derselben an den flacheren Uferstrichen ein nicht minder erheblicher Zuwachs von neuem Lande: es entstanden die ausgedehnten Alluvialflächen, welche die Inselkerne gegenwärtig an zahlreichen Stellen umsäumen und sich von einem derselben zum anderen hinüberschwingend den jetzigen einheitlichen Zusammenhang des Gesamteilandes bewirken.

Im Bereiche dieser Alluvialflächen verursachen aber die Sturmfluten erhebliche Veränderungen sowohl in der Uferkonfiguration, wie in der Oberflächengestaltung. „An der Ostküste sind namentlich die Niederungen Mönchguts wiederholt von Sturmfluten heimgesucht worden. In neuerer Zeit war es besonders die Novemberflut des Jahres 1872, welche hier in verheerendster Weise wirkte. Der gesamte Dünensaum vom Göhrenschen Höft bis nach Thiessow fiel den andringenden Wogen zum Opfer und ist erst seitdem, durch die Anlage von Zäunen und durch Anpflanzung von Strandhafer unterstützt, obwohl er im Februar 1874 zum zweiten Male in beträchtlichem Umfange zerstört wurde, zu seiner gegenwärtigen Höhe und Breite angewachsen. Einer älteren Sturmflut verdankt auch die nördlich von Gross-Zicker tief in die dortigen Salzwiesen und Moorniederungen eingewühlte Zickerniss ihre Entstehung. Auf Hiddensöe zeigt namentlich der flache Alluvialstreifen unmittelbar südlich vom Dornbusche mehrere, bisher nur teilweise vernarbte Spuren früherer Durchbrüche. In der Nähe des Strandes gelegene Häuser sind von dem Meere unterwaschen worden und mussten geräumt und von den Bewohnern verlassen werden. Weiter im Süden, jenseits von Plogshagen, ist durch die Sturmfluten vom 6. November 1864, vom 22. November 1867 und endlich vom 12.—13. November 1873 ein breiter, bis 11 *m* tiefer Kanal quer durch die Insel hindurch aufgerissen und die letztere dadurch in 2 Teile zertrennt worden, welche erst durch die Anlage eines nahezu 2 *km* langen festen Dammes wieder miteinander vereinigt worden sind. Trotz derartiger Zerstörungen und Landverluste schreitet aber der Zuwachs neuen Landes auch gegenwärtig noch unablässig fort. Nach wie vor häufen die Wellen die von ihnen an dem Strande entlang transportierten, den Steilküsten entführten Sande an der Aussenseite

der Nehrungen auf, und wachsen gleichzeitig die Moorflächen von den flachen Uferrändern aus weiter in die Binnengewässer der Insel vor. So hat sich nach v. Hagenow z. B. der Gellen in dem Zeitraume von 1694—1840 um nahezu 1 *km* (260 Ruten), der Alt-Bessin gleichzeitig um etwa 500 *m* (180 Ruten) nach Süden verlängert. Auch an dem Neu-Bessin, dem Südende des Bug, sowie an der Silmenitzer Heide nördlich von der Halbinsel Zudar und am Palmer Orte hat sich noch in neuerer Zeit ein ähnliches, wenn auch weniger beträchtliches Vorwachsen des Alluvialbodens vollzogen. Alt- und Neu-Bessin sind sich infolge dessen mit ihren unterseeischen Ausläufern, der Bessinschen Schar und Buger Haken, bereits bis auf 600 *m* nahe gerückt, und nur durch häufig erneute Baggerungen hat man bisher ein Verwachsen Hiddensöes mit Wittow an dieser Stelle verhindert. Auch die Südspitze des Gellen ist nur noch durch eine kaum 800 *m* breite Wasserfläche, dem Vierendehlstrom, von der vom Zingst aus vorspringenden Sandbank des „Bock“ getrennt. Auch hier bedarf es fortgesetzter Baggerungen, um die Verbindung des Stralsunder Fahrwassers mit der offenen See im Westen Rügens frei zu halten.“

Sable-Island, die Sandinsel, 150 *km* östlich von Neu-Schottland, ist bemerkenswert wegen der ungeheueren Veränderungen, die Wind und Wellen in dem kurzen Zeitraume von 3 Jahrhunderten mit ihr vorgenommen haben. Die ältesten französischen Karten zeichnen sie 74 *km* lang und 4160 *m* breit; im Jahre 1776 reduziert eine englische Admiralitätskarte ihre Länge um 18.5 *km* und ihre Breite um 460 *m*, zu gleicher Zeit aber rückt das Ostkap um mehr als 20 *km* nach Osten; in den Jahren 1818, 1850 und 1888 verzeichnen die neuen Karten neues Zurückgehen des Landes und Lageveränderungen. Im Jahre 1890 war die halbmondförmige Insel, deren Öffnung sich nach Süden richtete, nur noch 40.7 *km* lang und 1.85 *km* breit, in weniger als 200 Jahren hat sie also um mehr als die Hälfte abgenommen. Ausserdem sind ihre früher mehr als 60 *m* hohen Dünen jetzt höchstens 24 *m* hoch. Ein See, der sich im Inneren der Insel befindet, hat diese Veränderungen getreulich mitgemacht. Bald war er ein Binnensee, bald durch einen Kanal mit dem Meere verbunden, ja 1836 konnten 2 Schaluppen, die sich bei einem Sturme hineingeflüchtet hatten, nicht wieder hinaus, da der Kanal inzwischen versandet war. Bei sehr stürmischem Wetter ist es vorgekommen, dass von der Küste eine Fläche von mehreren Hektaren weggerissen wurde. Anfang des Jahres 1893 ist abermals ein grosses Stück Land vom Meere verschlungen worden, so dass sich der Flächeninhalt dieser grossen Sandwüste erheblich verringert hat [1]).

Die Färöer schildert Dr. O. L. Jiriczek [2]) auf Grund dänischer

---

[1]) Aus allen Weltteilen 1893. p. 194.
[2]) Deutsche Rundschau f. Geographie u. Statistik 15. p. 21 u ff.

Quellen, während in der deutschen wissenschaftlichen Litteratur über diese Inseln so gut wie nichts vorliegt. Über die physikalisch-geographischen Verhältnisse bemerkt er:

Der zwischen 61° 26′ bis 62° 25′ nördl. Br. und 6° 19′ bis 7° 40′ westl. L. v. Gr. belegene Archipel der Färöer — der Name bedeutet Schafinseln — wird von 17 bewohnten und mehreren unbewohnten Inseln gebildet, die zusammen einen Flächenraum von 24.06 Quadratmeilen (1332 *qkm*) einnehmen. Dem Blicke auf eine Karte nach gliedert er sich in 2 Gruppen, deren nördliche, die Mehrzahl der Inseln umfassend, eine kompakte, bloss von schmalen Fjorden und Sunden zerrissene Masse bildet, während die südliche nur aus den 5 Inseln Sandö, Skuö, Gross- und Kleindimon und Suderö besteht, die vereinzelt in einer Linie von Norden nach Süden liegen; der Skopenfjord, der diese beiden Gruppen trennt, bezeichnet zugleich eine Dialektgrenze.

„Man mag sich den Färöern in gutem oder schlechtem Wetter nähern, so ist ihr Aussehen überaus erhaben; besonders wenn sich die Sonne dem westlichen Horizonte nähert, und das Meer in ruhig wogender Bewegung ist, kann nichts die Hoheit dieser Scene übertreffen. Die ungeheuren Schatten- und Lichtmassen, von tausend seltsamen Formen zurückgeworfen, die verschieden geformten Gebirgszacken, die tiefen Höhlen, in die das Meer mit fürchterlichem Gebrülle hineinrast, die ungeheuren Mauern und Türme der Klippen, die sonderbaren Bergstürze u. s. w., das alles bringt eine Wirkung hervor, die über jede Beschreibung geht.“ So schildert Mackenzie den ersten Eindruck, den er von den Färöern empfing. Wie man hieraus ersieht, sind es wesentlich 2 Faktoren, die das Charakteristikon des Landes bilden: das Meer und das Gebirge; die Vegetation, die sonst einer Landschaft ihren Charakter zu geben pflegt, spielt auf den baumlosen Färöern keine Rolle.

Die eigentümliche Gebirgsformation der Färöer erklärt sich aus der geologischen Schichtung. Die Inseln bilden eigentlich eine Hochfläche von circa 300 *m* Höhe, die einerseits gegen das Meer zu in schroffen Terrassen abfällt, wie sich aus ihr in ebensolchen Terrassen die hochragenden Bergzacken (färöisch: Tindur) erheben. Nun wechseln regelmässig Schichten von Trapporphyr und basaltischen Gesteinsarten in der Dicke von 50 bis 100 *m* mit lehmartigen Erdschichten von 1 bis 3 Fuss Dicke ab. Letztere verwittern durch die atmosphärischen Einflüsse und werden mit der Zeit weggespült, dann stürzt das überhängende Gestein ab und bildet kolossale Steinfelder (färöisch: Urd), während der stehengebliebene Teil eine senkrechte hohe Felswand (färöisch: Hamar) darstellt. Wenn sich ein Steinsturz im Laufe der Zeiten mit einer dünnen Erdschicht überzieht, und das Gras Wurzeln fassen kann, so kontrastiert das leuchtende Grün dieser Abhänge auf das merkwürdigste mit den schwarzen nackten Wänden, die sich drohend über ihnen auftürmen; noch auffälliger wirkt der Kontrast, wenn

die Abhänge von Schnee bedeckt sind, und Reisende wissen nicht Worte genug zu finden, das Bizarre dieser Scenerie zu schildern. Aus dieser geologischen Beschaffenheit erklärt sich auch die eigentümliche Thalbildung, die nicht wie gewöhnlich eine Gliederung der Bergmasse mit sich bringt, sondern wie in den norwegischen Hochebenen, z. B. der Hardangervidda, mehr den Charakter von Einfurchungen, Rissen in einer Ebene, trägt. Diese Risse bilden meist unwegsame Schluchten (färöisch: Skard); nur die gegen das Meer sich öffnenden Thäler (färöisch: Bottnar) sind etwas gangbarer. Daraus erklärt sich, dass die Thäler nicht wie in anderen Gebirgsländern zugleich Pfade und Passübergänge bilden; sie steigen schroff auf und verlieren sich zuletzt als flacher Riss in einer Felswand; auf Kunö z. B. müssen die Einwohner 650 *m* hoch steigen, um die nicht einmal eine halbe Meile breite Insel zu durchqueren. Überhaupt ist es nicht so sehr die Höhe (der höchste Punkt der Färöer ist nicht ganz 950 *m* über dem Meere), als die Schroffheit der Formen, die den Färöern ihr imposantes Aussehen verleiht. Besonders an den Küsten, wo das Meer mit seinen heftigen Strömungen an der Zerstörung der Felsmassen teilnimmt, zeigen sich die bizarrsten und seltsamsten Formen. Die Küsten fallen an einzelnen Stellen fast senkrecht 300 bis 450 *m* ab; in den schmalen Fjorden drängt sich das Meer in reissenden Strömungen durch, und bei bewegter See nimmt die Brandung oft ganz unglaubliche Dimensionen an. Landt sah Wogen, deren Schaum bis zu 160 *m* emporgespritzt wurde. Die Gewalt des Wassers hat denn auch im Laufe der Jahrtausende die Küste buchstäblich zerfressen, den Klippen wunderliche Gestalten gegeben, Löcher und Höhlen in die Wände gegraben, die mitunter, wie z. B. die berühmte Zeolithhöhle auf Nolsö, so tief hineingehen, dass man die Brandung von der anderen Seite dumpf durch die dünne trennende Felsenschicht hören kann. Die zahllosen Zinken und Zacken, schartigen Türme und Hörner der Küste vergleicht Mackenzie mit dem gotischen Spitzenwalde der Westminsterabtei. An einigen Stellen kommt noch der Schmuck prächtiger Basaltsäulen dazu, denen nur die unmittelbare Berührung mit dem Meere fehlt, um an Schönheit mit der berühmten Fingalsgrotte auf Staffa wetteifern zu können.

Trotz ihrer nördlichen Lage erfreuen sich die Färöer eines sehr milden Klimas, da sie in den Ausläufern des Golfstromes liegen; Schnee fällt nur in der Zeit von Oktober bis April, das Wetter ist mild, jedoch unbeständig, feucht und nebelig.

Wenn trotz des milden Klimas die Färöer baumlos sind, und die Vegetation sehr unbedeutend ist (Berg zählt nur 307 Arten Blütenpflanzen), so ist dies wohl den scharfen Stürmen, die über das Gebirge hinrasen, und der mangelnden Dicke der Humusschicht, die nur eine dünne Kruste über dem Steine bildet, zuzuschreiben.

Infolge des hohen Breitengrades, unter dem die Färöer liegen, ist der Unterschied der Tageslängen sehr bedeutend: der längste Tag währt über 20 Stunden, der kürzeste nicht ganz vier."

Die Oberflächengestaltung der Insel Island schildert auf Grund eigener 10-jähriger Forschungen Th. Thoroddsen [1]. „Bekanntlich ist Island ein Plateauland, aus älteren und jüngeren vulkanischen Massen aufgebaut; ältere Bildungen als aus der Tertiärzeit hat man nirgend gefunden. Die durchschnittliche Höhe des Landes beträgt wohl ungefähr 5 — 600 *m*; die wenigen Niederungen sind klein und nehmen nur etwa $^1/_{14}$ des ganzen Areals ein. Die Besiedelung ist allein auf die Niederungen, die Küstenstriche und mehrere schmale Thäler beschränkt, das grosse Hochland dagegen ist vollständig unbewohnbar, nur seine äusseren Ränder werden zu Sommerweideplätzen für die Schafe benutzt. Island ist aus Basalt und Palagonitbreccie aufgebaut; die Breccie findet sich in der Mitte und breitet sich mehr nach Süden aus, der grösste Teil der West-, Nord- und Ostküste aber besteht aus Basalt. Über die inneren Hochflächen erheben sich die grossen Gletscherberge wie breite Kuppeln; die grössten ruhen besonders auf Breccie, und wo die Gletscher beinahe an das Meer grenzen, wie an der Südküste, finden sich weder Fjorde, noch Häfen, dieselben sind durch die von den Gletschern herabgeführten Grusmassen ausgefüllt worden. Die Basaltgegenden sind dagegen von zahlreichen Fjorden durchklüftet, und es finden sich in ihnen viele gute Häfen, oft hinter schmalen Landzungen, die vielleicht ursprünglich Moränen gewesen sind.

Seen giebt es viele in Island, doch sind die meisten nur klein. In den Thälern der Basaltgegenden findet man oft tiefe Seen, die im festen Gesteine ausgehöhlt sind, wie z. B. das Lagarfljót, dessen Wasserspiegel 26 *m* über dem Meere liegt, während sich sein Boden 84 *m* unter dem Meere befindet. Auf dem Hochlande sieht man grosse Gruppen von Moränenseen. An einzelnen Stellen sind in neuerer Zeit bedeutende Seen durch Aufstauung von Gletscherflüssen entstanden (Dyngjuvatn); einzelne Seen haben sich in eingesunkenen Partien von Lavaströmen gebildet (wie das Myvatn), noch andere sind typische Kraterseen.

Tektonische Bewegungen, Senkungen, besonders Grabensenkungen und Kesselbrüche haben bei Islands Bildung eine grosse Rolle gespielt, während die Oberfläche im Detail durch die Erosion ausgemeisselt worden ist. Eigentliche durch Seitendruck entstandene Bergketten kennt man in Island nicht. Wenn man an der isländischen Küste, besonders der des Ost- und Westlandes, entlang segelt, so fällt die Gestalt der Basaltberge sogleich auf. Die beinahe senkrechten Bergwände erscheinen wie cyklopische Mauern, die aus wagerechten oder wenig geneigten Felsschichten, bis zu hundert an der Zahl, bestehen. Diese Basalte sind durch

[1] Verhandl. d. Gesellsch. f. Erdkunde zu Berlin 1893. **20.** p. 203 u. ff.

vulkanische Eruptionen in der Tertiärzeit entstanden, man sieht noch die Schlackenkrusten und die Lavawellen an den einzelnen Basaltbänken. Die Mächtigkeit der Basaltformation kann nicht mit Sicherheit bestimmt werden, sie kann aber wohl kaum geringer sein als 3000 *m*. Die Wirkung der Erosion in den Basaltgegenden kann man leicht studieren; Schritt für Schritt kann man hier die Bildung der Erosionsthäler verfolgen, indem sich die verschiedenen Entwickelungsstufen dicht nebeneinander befinden. Die Basaltformation wird durch Braunkohlenbildungen aus der miocänen Zeit in 2 Niveaus gesondert; hier hat man in den Thonschichten Überreste einer bedeutenden Vegetation mit amerikanischem Gepräge gefunden; damals ist die Temperatur in Island dieselbe gewesen wie heutzutage die Norditaliens. Die Braunkohlenbildungen befinden sich an verschiedenen Orten in Island auf verschiedenen Niveaus, wegen der Brüche und Senkungen, denen die Landfläche ausgesetzt gewesen ist, so dass sie beim Studium der Dislokationen behilflich sind. Es lässt sich mit grösster Wahrscheinlichkeit annehmen, dass Island in der Tertiärzeit mit Europa und Amerika durch eine Länderbrücke zusammenhing, und dass es nur als Rest grosser tertiärer Ländergebiete dasteht.

Der mittlere Teil von Island wird von der Palagonittuffformation eingenommen, welche aus feinen Tuffen und groben Breccien, Aschen und Grus, von alten Vulkanen ausgeworfen, zusammengesetzt ist; in dieser Formation finden sich häufig verzweigte Basaltgänge und intrusive Massen. Der Palagonittuff scheint im ganzen jünger zu sein als die Basaltformation.“

Islands Gletscher haben ein Gesamtareal von 13 400 *qkm*. Das isländische Klima ist ganz besonders für die Entwickelung grösserer Gletscher geeignet, indem die Luft rauh, kalt und feucht ist. Der Niederschlag ist an der südöstlichen Küste bedeutend, und hier befindet sich auch der 8000 *qkm* grosse Vatnajökull. Die Luft ist an der Küste beträchtlich feuchter als drinnen im Lande, und dies drückt sich auch in der Höhe der Schneegrenze aus; dieselbe beträgt auf der Südseite des Vatnajökull 600 *m*, auf der Nordseite aber 1300 *m*. Der Gletscher Breidamerkurjökull geht auf der Südseite bis auf 20 *m* herab, auf der Nordseite liegt das niedrigste Gletscherende 765 *m* über dem Meere. Das Aussehen der grossen isländischen Gletscher nähert sich dem Gletschertypus der Polarländer; die höchsten Kuppen des Landes sind mit flachen oder schwach gewölbten Firnfeldern bedeckt, von denen verhältnismässig wenige, aber sehr breite und grosse Gletscher herabsteigen, so hat der Gletscher Dyngjujökull ein Areal von 400 *qkm*. Dem Lande eigentümlich sind die sogenannten „jökuhlaup“ (Gletscherstürze); solche entstehen, wenn die eisbedeckten Vulkane Ausbrüche haben. Die grossen Sandstrecken unterhalb der Gletscher werden bei solchen Gelegenheiten überschwemmt und in ein brausendes Meer voll schwimmender Eisstücke verwandelt. Die Wasserflut führt eine

grosse Menge Grus und Felstrümmer mit sich; in historischer Zeit sind dadurch Fjorde und kleine Buchten ausgefüllt worden, und Landspitzen, die sich früher ins Meer hinaus erstreckten, ragen jetzt aus ödem Sande ziemlich fern von der See empor. Diese Katastrophen haben oft grosse Verwüstungen verursacht; bei dem Ausbruche des Öroefajökull im Jahre 1350 wurden an einem Morgen 40 Gehöfte und 2 Kirchen in die See hinausgefegt.

„Während der Eiszeit ist Island ganz und gar mit einer besonderen Eisdecke bedeckt gewesen, welche eine Mächtigkeit von etwa 1000 *m* gehabt hat. Die Gletscherstreifen gehen radial von den Hochflächen des Landes aus nach der Küste hinab. — In den mittleren Teilen von Island finden sich doleritische Lavaströme, welche deutlich vom Eise geschrammt und von den Gletschern der Eiszeit bearbeitet sind; selbst die Ausbruchsstellen dieser präglazialen Lavaströme finden sich an vielen Orten, sie folgen denselben Spaltensystemen wie die modernen Vulkane; einzelne isländische Vulkane, z. B. der Snoeföllsjökull, sind sowohl vor als nach der Eiszeit thätig gewesen. Auf der Nordküste von Island finden sich „Crag“-Schichten, welche dem englischen „red Crag“ gleichen; unter den dortigen Muschelschalen giebt es viele amerikanische Typen, welche darauf hinzudeuten scheinen, dass die Strömungsverhältnisse im Meere um Island herum schon damals ungefähr dieselben gewesen sind wie jetzt.

In Island findet man viele Spuren einer negativen Verschiebung der Strandlinie in postglazialer Zeit, besonders im nordwestlichen Island; hier finden sich Strandlinien und Brandungsterrassen, Schuttterrassen, Muschelschalen, Walrossknochen und altes Treibholz ziemlich weit von der See entfernt; auch sieht man ansehnliche Höhlen, die bei höherem Wasserstande von der Brandung gebildet sind. Im nordwestlichen Island gruppieren sich die Strandlinien in 2 Niveaus, einem höheren 70—80 *m*, und einem tieferen 30—40 *m* über dem Meere. Am Schlusse der Eiszeit sind alle isländischen Niederungen vom Meere bedeckt gewesen, und seitdem hat sich die Küstenlinie beständig zurückgezogen.

Sehr grosse Strecken (11—12000 *qkm*) sind im mittelsten Island mit neuerer Lava bedeckt. Die höher gelegenen isländischen Lavafelder sind fast ganz ohne Vegetation; einen trostloseren Anblick kann man kaum finden. Die grösste zusammenhängende Lavawüste ist das Odádahraun im Norden des Vatnajökull; es bedeckt eine Fläche von über 4000 *qkm* und liegt 600—1200 *m* über dem Meere. Das Volum dieses Lavafeldes beläuft sich wenigstens auf 216 *cbkm*; es ist durch die Ausbrüche von etwa 20 Vulkanen gebildet worden. Die gewöhnlichen Definitionen von Vulkanen sind in Island nicht recht zutreffend; die gewöhnliche Vesuvform, ein kegelförmiger Berg mit abwechselnden Schichten von Lava und Asche, ist nicht sehr häufig, findet sich aber doch. Kuppelförmige Lavavulkane mit geringer Neigung (1^{0}—8^{0}) wie auf den Sandwich-

inseln, sind sehr gewöhnlich, wie z. B. die Trölladyngja, die eine Höhe von 1491 *m* und einen Durchmesser von 15 *km* hat. Die häufigste Form vulkanischer Ausbruchsstellen in Island besteht darin, dass sich auf einer Spalte in der Erde eine Reihe niedriger Krater gebildet hat; solche Kraterreihen können oft eine Länge von mehreren Meilen haben. Es kommt zuweilen vor, dass die Lava aus der Spalte nach beiden Seiten ausfliesst, ohne dass sich ein eigentlicher Vulkan oder Krater bildet.

Seit der Besiedelung Islands im 9. Jahrhunderte sind über 20 Vulkane thätig gewesen; doch sind die Nachrichten aus den älteren Jahrhunderten allzu spärlich, und vieles ist vergessen worden. Hekla und Katla haben die meisten Ausbrüche gehabt, Hekla 21, Katla 12. Viele dieser Ausbrüche haben grossen Schaden an Eigentum und Menschenleben verursacht. Der grösste Ausbruch in geschichtlicher Zeit war derjenige an der Skaptá im Jahre 1783. Die Folgen des Ausbruchs waren schrecklich: von allem Hornviehe in Island kam die Hälfte um, von den Schafen 80 %, von den Pferden 77 %; 9300 Menschen, etwa $^1/_5$ der ganzen Bevölkerung, gingen in den nächsten 2 Jahren an Hunger und Krankheiten zu Grunde. Die Asche aus den Vulkanen hat oft grosse Strecken bedeckt und ist nicht selten über den Atlantischen Ozean fortgeführt worden, so bei einem Ausbruche der Askja 1875 bis nach Stockholm.

„Man hat früher geglaubt, dass die Vulkane in Island ausschliesslich an die Palagonitbreccie gebunden seien; dies ist jedoch nicht der Fall. Die isländischen Vulkane sind, wie alle anderen Vulkane, an Spalten gebunden, und es hat sich herausgestellt, dass die Vulkane im mittleren Teile von Island einen grossen Bogen quer über das Land bilden; es ist ein grosses bogenförmiges Senkungsgebiet, welches Jahrtausende hindurch eine Masse Asche und Lava hervorgebracht hat.

Der Flugsand bedeckt an vielen Stellen grosse Flächen; die Höhlungen der Lavaströme sind oft mit feiner vulkanischer Asche ausgefüllt, aber der gewöhnlichste Flugsand wird aus verwittertem Palagonittuffe gebildet. Der Palagonitstaub bildet in den Thälern und Niederungen sekundäre Schichten, die oft mit Pflanzenstengeln durchwebt sind und von den Isländern „móhella“ genannt werden. Auf den inneren Hochflächen sind die Stürme oft sehr heftig und greifen die Felsen stark an, wenn der Sand und der Grus über sie dahin fliegt, so dass grosse Felsflächen aussehen, als wären sie blatternarbig. Trockener Glazialthon und Bimssteinstaub können mitunter zu kleineren Flugsandbildungen Veranlassung geben.

Warme Quellen sind zu Hunderten über ganz Island zerstreut und stehen mit der Tektonik des Landes in enger Verbindung; kohlensaure Quellen finden sich besonders auf der Halbinsel Snoefellsnes und Solfataren in der Mittelpartie, wo es noch thätige Vulkane giebt. Bei den Solfataren findet man immer eine Menge

kochender Thonkessel in verschiedenen Farben. Nirgend in Island finden sich so grossartige Solfataren wie in den Kerlingarfjöll beim Hofsjökull; sie waren noch ganz unbekannt, als Verf. sie auf einer Reise 1888 entdeckte. Jene Berge — die Kerlingarfjöll — bestehen aus hellfarbigem Liparite, und in ihrem nördlichen Teile sind eine Menge Klüfte und kleine Thäler, wo die Felsen ganz von schwefelsauren Dämpfen durchkocht sind. Aus jeder Kluft steigen unzählige Dampfstrahlen, wie Lokomotiven heulend und pfeifend empor; es finden sich da eine Menge kochender Schlammpfuhle, unten in der Erde hört man ein dumpfes Dröhnen, und der Erdboden bebt einem unter den Füssen. Keine Spur von Vegetation ist zu sehen; allein die Felswände prangen dennoch in allen möglichen Farben, da die Gesteinsarten von den schwefelsauren Dämpfen umgebildet worden sind. Man muss genau Acht geben, wohin man tritt, um nicht mit den Füssen in den kochenden Schlamm zu geraten, welcher an manchen Stellen nur mit einer dünnen Kruste bedeckt ist.“

Die Bahamainseln sind von Albert S. Hitchcock geschildert worden[1]. Diese Inseln mit ihren Bänken bilden ein unregelmässiges Dreieck. Der nordwestliche Teil liegt als Little Bahama bank unter 27° 25′ nördl. Br. und 79° 10′ westl. L., der südwestliche als Great Bahama bank unter 23° nördl. Br. und 79° westl. L., die Navidad bank ein wenig östlich und südlich von 20° nördl. Br. und 69° westl. L. Die östlichsten Inseln sind die Turkinseln in 21° 30′ nördl. Br. und 71° westl. L. Die Messungen sind sämtlich auf der 100-Fadenlinie gemacht, wo in den meisen Fällen die Tiefe der Gewässer im allgemeinen von weniger als 15 Faden bis zu einer Tiefe von 100 oder 200 Faden plötzlich abfällt. Im Norden ist Little Bahama bank, welche in Great Bahama bank und die Abacoinseln zerfällt. Sie wird von der Great Bahama bank getrennt durch den nordöstlichen Providencekanal mit einer Breite von 25 Miles und einer grössten Tiefe von 2222 Faden, sowie durch den nordwestlichen Providencekanal mit einer Breite von 23 Miles an dem östlichen und westlichen Ausläufer, und einer Tiefe von 1312 und 439 Faden. Von Florida ist sie durch einen Abstand von 50 Miles und eine Tiefe von 439 Faden geschieden. Great Bahama bank wird im Norden durch eine ozeanische Zunge von 740—1200 Faden eingeschnitten. Ihr westlicher Teil liegt nördlich um 40 Miles von Florida ab, und zwar mit einer Tiefe, welche von 540 bis zu 460 Faden abnimmt. Im Südwesten trennt sie der Santaremkanal von Salt-Cay-bank durch eine Entfernung von 30 Miles und eine Tiefe von 340—360 Faden. In gleicher Weise ist sie von Kuba mittels eines Kanales getrennt, welcher sich an seinem südwestlichen Bogen auf etwa 12 Miles verschmälert. Sein seichtester

[1] Missouri Botanical Garden 1893. 4. Natur 1893. Nr. 39. Nach letzterem Berichte oben der Text.

Teil befindet sich südöstlich von Salt-Cay-bank, wo die grösste Tiefe etwa 260 Faden beträgt. Nun wendet sich die Bank östlich, und die Meerestiefe sinkt rasch gegen Süden auf 700 und 800 Faden. Östlich dehnt sie sich nahe an 75^0 westl. L., nördlich und westlich mit einem langen Zweige nach dem Osten einer ozeanischen Zunge, Long Island, Great Exuma und den nordwestlichen Winkel von New Providence einschliessend. Dieser Teil ist südöstlich von dem Exumasunde tief eingeschnitten, um welchen sich die Bank herumschlingt, indem sie Eleuthera und Cat-Island vom Ozeane abschliesst. Der Exumasund hat eine Tiefe von 800 — 1000 Faden, wogegen das Wasser über den Bänken selten mehr als 15 Faden Tiefe besitzt. In gleicher Linie mit diesem östlichen Rücken und südlich von Cat-Island liegt Conception Island in einer Entfernung von 20 Miles, und Rum Cay, 10 Miles weiter. Hier beträgt die Tiefe 800 Faden zwischen den ersten beiden und 650 Faden zwischen der 2. und 3. Insel. Watlings Island, etwa 17 Miles nordöstlich von Rum Cay, liegt gänzlich vereinzelt, von letzterem durch eine Tiefe von 1260 Faden, von Cat-Island durch eine solche von 2480 Faden getrennt. — Östlich des südlichen Endes der Great Bahama bank befindet sich die Acklininselgruppe mit der dazwischenliegenden Crooked Island Passage. Sie besteht aus den Inseln Crooked, Fortune und Acklin. Die Passage ist an der schmalsten Stelle etwa 30 Miles breit und hat eine Tiefe von 1290 Faden. In südöstlicher Richtung liegen Mariguana, Caicas und schliesslich die Turkinseln. Von Hayti werden die Inseln durch Tiefen von meist über 2000 Faden geschieden. Inagua, etwa 60 Miles nördlich von dem Westende Haytis entfernt, bildet die südlichste Insel der Bahamas. Ihre Entfernung von Kuba beträgt ungefähr 50 Miles, während Tiefen bis zu 1698 Faden sondiert wurden. Von da nimmt die Tiefe ab, je mehr man südlich von der Great Bahama bank sich dem Old Bahama Channel mit 700—800 Faden nähert.

Aus diesen Verhältnissen zwischen den Bahamas, Florida, Hayti und Kuba ersieht man, dass hier ein untermeerischer Gebirgsrücken vorhanden ist, welcher Yukatan und Kuba verbindet. Die kürzeste Entfernung beträgt etwa 15 Miles, aber das seichteste Wasser liegt etwas nördlich mit einer Tiefe von 600 Faden; nur eine extreme Tiefe zeigt über 1000 Faden. Ein ähnlicher Rücken verknüpft Honduras mit Jamaika, doch beträgt die grösste Tiefe nur 700 oder 800 Faden. Jamaika und Kuba sind durch Tiefen von 1100 — 2000 Faden auseinander gehalten, Jamaika und Hayti durch seichteres Wasser, aber durch eine extreme Tiefe von über 1000 Faden. Kuba und Hayti sind mittels eines submarinen Rückens verknüpft, welcher nördlich von der kürzesten Verbindungslinie liegt, deren Tiefe wahrscheinlich nirgends über 900 Faden hinabreicht. Von Hayti über Puerto Rico und die Windwardinseln nach Südamerika werden die Inseln durch Tiefen getrennt, welche nicht über 1100 Faden hinaus gehen. Hier liegt ein schmaler Kanal

östlich der Virgin-Islands, der etwas tiefer ist, aber ein schmales Riff trennt selbige von der Karaibischen See, verbindet Puerto Rico mit Santa Cruz und wird von einem Gewässer bedeckt, das weniger als 1000 Faden tief ist. Würde aus irgend einer Ursache die Tiefe des Ozeanes um 100 Faden vermindert, so müssten die Little Bahama- und Great Bahamabänke, sowie einige der kleineren Bänke im Südosten blossgelegt werden; die Bahamas würden dann getrennt sein von den umliegenden Inseln Floridas, und die wichtigen Kanäle müssten nun dieselben Stellen einnehmen. Um 300 Faden herabgesetzt, müsste die Great Bahama bank mit Kuba verbunden sein. Wäre das Wasser aber 500 Faden seichter als gegenwärtig, so wären die Little und Great Bahamabänke mit Florida vereinigt, und einige der Windwardinseln dürften ebenfalls miteinander verknüpft sein. Sollte aber jemals die Tiefe des Meeres bis auf 1000 Faden reduziert sein, dann wären auch Honduras und Kuba mit Florida und durch die Windwardinseln selbst mit Südamerika vereinigt. Zwischen Kuba und Yukatan, sowie zwischen Jamaika und Hayti, endlich zwischen Jamaika und Kuba, würde ein schmaler Kanal laufen. Die Watlings- und Acklininseln, sowie Inagua lägen dann isoliert, und die Entfernung zwischen ihnen und dem benachbarten Lande müsste wesentlich vermindert sein.

Der Meeresstrom fliesst westlich in die Karaibische See und auch zum Norden der Windwardinseln, und zwar $^1/_2$ bis $^3/_4$ Knoten in der Stunde. Er wächst, wie er westlich und nördlich in den Golf von Mexiko fliesst, überhastet die Kampeche- oder Yukatanbank längs der Küste von Mexiko und kehrt schliesslich nach Florida um, passiert zwischen der Halbinsel und Kuba, schliesslich nordwärts längs der Küste in den Atlantischen Ozean. Der Golfstrom erreicht das Maximum seiner Geschwindigkeit von etwa 5 Knoten in der Stunde längs der Südküste Floridas. Der Teil, welcher längs des östlichen Winkels der Windwardinseln und Bahamas fliesst, nämlich der Äquatorialstrom, verbindet sich endlich mit dem Golfstrome. Das ist allein die allgemeine Tendenz der Ströme, sobald weniger Wasser durch die Strassen von Florida ausfliesst, als zwischen die Windwardinseln einfliessen kann. — Die herrschenden Winde in den beiden Indien sind ohne Zweifel östliche, doch kalte Winde, die man Northers nennt, sind häufig im nördlichen Teile zur Winterszeit.

Die grossen Antillen gehören einer alten Formation an und mögen einst mit Mexiko oder mit Zentralamerika zusammengehangen haben; doch die Bahamas und Windwardinseln, sowie das südliche Ende Floridas, sind neueren Ursprungs. Das ganze Areal scheint sich nun in einem Zustande der Erhebung zu befinden, wie die erhobenen Riffe von Kuba und anderen Inseln, als auch das gegenwärtige Wachstum submariner Bänke, z. B. der Yukatan- und Bahamabänke, ergeben.

Alex. Agassiz schildert die wahrscheinliche Entstehung der Bahamainseln. Nach den Ergebnissen seiner Untersuchungen der Bahamabank sind die Bahamas äolischen Ursprunges. Sie wurden gebildet, als die Bänke ein grosses, niedriges, unregelmässiges Land waren, an dessen Küsten sich nach und nach Ketten von niedrigen Hügeln bildeten, ungefähr so, wie man es noch in New Providence sieht. Dann kam eine ausgedehnte, allmähliche Senkung mit etwa 100 *m*, während der das eindringende Meer das Land in jene Formen zerschnitt, wie sie heute vorhanden sind.

Die Insel Tobago wird von Baron H. Eggers geschildert[1]) auf Grund eigener Erfahrungen während wiederholten Aufenthaltes daselbst.

Tobago liegt unter 11° 8′ bis 11° 24′ nördl. Br., 60° 24′ bis 60° 54′ westl. L. von Greenwich in einer Entfernung von 30 *km*, nordöstlich von der Ostspitze Trinidads, ist von länglicher Figur mit der grössten Axe von Nordost nach Südwest und ist 47 *km* lang bei einer Breite von höchstens 14 *km* mit einem Flächeninhalte von etwa 350 *km*.

Die Küstenlinie ist durch eine Menge kleiner Buchten, die durch niedrige Vorgebirge voneinander getrennt sind, gebrochen, grössere Meerbusen finden sich nur bei Scarborough und Queens Bay an der Südseite und an der Nordostseite, wo die grosse Man of War Bay sich tief ins Land einschneidet.

Von kleineren anliegenden Inselchen giebt es nur wenige, die grösste ist Little Tobago, ein an der Nordostseite belegenes, etwa 150 *m* hohes unbewohntes Eiland.

Während der südwestliche Teil von Tobago sich nur wenig über das hier seichte Meer erhebt und im ganzen genommen niedrig und flach ist, steigt das Land bereits bei Scarborough bedeutend an und setzt sich bis an die Nordostspitze als ein zwar nicht sehr hohes, aber vielfach zerrissenes Gebirgsland mit steilen Schluchten und Abhängen fort, dessen Hauptrücken in der Richtung der Längenaxe der Insel streicht und in der Nähe der Man of War Bay seine grösste Höhe in dem Pigeon Point (700 *m*) erreicht.

Da dieser Gebirgsrücken in ziemlicher Nähe von der Nordseite der Insel verläuft, wird diese in zwei ungleiche Längshälften, eine breitere südöstliche, die Windward, und eine schmälere, nördliche, die Leewardseite, geteilt, deren Benennungen von ihrer Lage zum Passatwinde herrühren.

Eine Folge dieser Konfiguration ist, dass die Nordseite in schroffen Abhängen gegen das Meer abstürzt, während die Südseite mit sanften vorlaufenden Höhenzügen sich allmählicher abdacht und in der Nähe der Küste sogar hier und da kleinere Ebenen bildet.

Die Gewässer, welche an der ersteren deshalb auch nur kurze, reissende Bäche bilden können, sammeln sich an der Südseite zu

[1]) Deutsche geogr. Blätter. Bremen 1893. **16.** p. 1 u. ff.

einer ganzen Anzahl kleinerer Flüsse, welche alle in der Regenzeit oft so stark anschwellen, dass sie unpassierbar werden.

Eine Ausnahme macht jedoch der grösste Fluss der Insel, der Courland River, der in einer engen Schlucht längere Zeit gegen Süden und Westen fliesst, bis derselbe, eine nordwestliche Richtung annehmend, in der Nähe von Plymouth sich ins Meer ergiesst. Der südwestliche flache Teil des Landes ist von Flüssen und Bächen gänzlich entblösst und auch in dieser Hinsicht von der übrigen Insel verschieden.

Im allgemeinen kann die Insel, ebenso wie Trinidad, als eine Fortsetzung des Karibischen Gebirges von Venezuela angesehen werden und scheint, soweit die Untersuchungen der geologischen Verhältnisse reichen, im wesentlichen aus durch Eruption emporgehobenen und vielfach durchbrochenen Sedimentärgesteinen, besonders aus gelbem oder rotem kalkhaltigen Thonschiefer, der leicht verwittert und zerbröckelt, zu bestehen.

Im Südwesten der Insel ist der Korallenkalk vorherrschend, der hier reich an Versteinerungen ist; häufig findet man jedoch auch hier eine Schicht von gelbrotem Thone, wenngleich nur dünn und stark mit dem Kalke vermengt.

Das Verwitterungsprodukt ist auf den Höhenzügen ein gelblicher Lehm, der eigentlich nicht besonders fruchtbar zu sein scheint und keine längere Zeit anhaltende Dürre verträgt, bei genügender Feuchtigkeit sich indes als ein guter Waldboden zeigt und ebenfalls für den Anbau von Kakao und Kaffee recht wohl geeignet ist. In den Thälern und an der Küste findet sich ein tiefer, reicher, zum grössten Teile angeschwemmter Boden, der zum Anbaue der verschiedensten Tropengewächse tauglich ist und den Ruf der Fruchtbarkeit der Insel bedingt. Nur der flache Südwesten des Landes ist, hauptsächlich infolge der ungenügenden Regenmenge, dürr und unfruchtbar.

Die Küste zwischen den felsigen Vorsprüngen ist überall von einem Gürtel weissen Korallensandes eingenommen, der vom Meere nach und nach angespült ward und als aus kohlensaurem, mit dem Humus des abgefallenen Laubes und den Resten an Land gespülter Organismen vermischtem Kalke bestehend, einen besonders für Kokospalmen geeigneten Nährboden darstellt.

Vulkanische Erscheinungen kommen auf Tobago nicht vor, und auch Erdbeben scheinen auf der Insel durchaus unbekannt zu sein.

Die geographische Lage bedingt für die Insel eine Temperatur, die wie diejenige Trinidads sich durch gleichmässige Höhe auszeichnet, ohne dass die geringen Höhenzüge im stande wären, durch Entsendung eines nächtlichen, kühleren Landwindes einen wesentlichen Unterschied in der Temperatur des Tages und derjenigen der Nacht hervorzubringen.

Die Jahrestemperatur schwankt zwischen einem mittleren Minimum von 22.8° C. im Februar und einem mittleren Maximum von 31° C. im September.

Das Jahresmittel für die Insel ist in Meereshöhe 27.3° C. nach einer längeren Reihe von Beobachtungen des Commissioners L. G. Hay.

Die niedrigste gemessene Temperatur war 20° C., höchst selten fällt dieselbe indes unter 22°. Die höchste, vom Verf. am 15. Mai 1891 beobachtete, war 37° C.

Die Insel hat, ebenso wie Trinidad und die Kariben, dem Stande der Sonne nach ihre Regenzeit von Ende Mai bis Ende Dezember, wobei doch auch in den anderen Monaten des Jahres immer etwas Regen fällt, obgleich in weit geringerem Masse. Eine regenlose Zeit giebt es demnach auf der Insel nicht, und nur ganz ausnahmsweise zeigt sich eine dürre Periode von einigen Monaten.

Der herrschende Wind auf Tobago ist der Nordostpassat, der hier ein ziemlich rein östlicher Wind ist, und besonders vom November bis zum Juli stark weht, während vom Juli bis zum Oktober schwache, umlaufende, grösstenteils südliche Winde vorherrschen. In diesen Monaten erscheinen auch die berüchtigten westindischen Orkane, die noch auf Tobago zuweilen vorkommen, wenngleich nicht so häufig, als weiter nördlich, während das nur wenig südlicher belegene Trinidad ausserhalb ihres Bereichs liegt. Einer der heftigsten Orkane war der vom Jahre 1847, zu welcher Zeit unter anderem die auf einem Hügel bei Scarborough gelegenen militärischen Gebäude alle vollständig verwüstet wurden, was die Entfernung der englischen Garnison von der Insel zur Folge hatte.

Für die Seltenheit der Orkane zeugt der Umstand, dass man hier keine Fensterläden und ähnliche Vorrichtungen zum Verschliessen der Räume antrifft, welches man auf der nördlicheren Insel für ein notwendiges Schutzmittel jedes Gebäudes ansieht."

Die Inselgruppe Juan Fernandez. Prof. Rein verbreitete sich in einer Sitzung der Niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde über die genannte Inselgruppe im Anschlusse an eine von Dr. Johow neuerdings veröffentlichte Arbeit. Die Inselgruppe gehört zur chilenischen Provinz Valparaiso, liegt westlich derselben zwischen 33° und 34° südl. Br. und 78°—79° westl. L. Sie besteht 1. aus der Hauptinsel Masatierra (Mehr zum Lande), nach ihrem Entdecker auch Juan Fernandez genannt, 95 *qkm* gross, 585 *km* von der Küste entfernt; 2. dem nur 5 *qkm* grossen Santa Clara oder der Ziegeninsel, durch einen schmalen Kanal von Masatierra getrennt, und 3. dem 160 *km* mehr westlich gelegenen Masafuera (Mehr nach aussen) mit 85 *qkm*. Juan Fernandez ist berühmt geworden durch den englischen Matrosen Alexander Selkirk, der hier auf seinen Wunsch 1705 ausgesetzt wurde und bis zum Jahre 1709 ein Einsiedlerleben führte, das

Daniel Defoe dann unter dem Namen Robinson Crusoe poetisch ausschmückte. Die Inselgruppe ist aus Grünstein und Basalt aufgebaut, im Inneren wie an der Küste vielfach zerklüftet und zerrissen, mit Bergen, die auf Masatierra bis 985 *m* und auf Masafuera auf 1850 *m* ansteigen. Sie weist von Wirbeltieren nur 4 Arten Landvögel auf, unter denen eine Drossel- und eine Kolibri-Art ihr eigentümlich sind. Dagegen findet man auf ihr noch immer viele verwilderte Ziegen, auch Rindvieh und Pferde, von früher hier ausgesetzten Haustieren abstammend. Die Küsten sind reich an Seehunden, Fischen und Krustentieren. Auf ihren Fang und die Zucht von Haustieren rechnete A. v. Rodt, als er zu einem jährlichen Preise von 1600 Dollars die Inseln im Jahre 1877 von der chilenischen Regierung in Pacht nahm. Der grösste Teil der Insel ist mit Busch- und Hochwald bedeckt, unter welchem strauch- und baumartige Kompositen, vor allem die Gattung Rea, sowie Farnkräuter eine hervorragende Rolle spielen. Dr. Johow hat die Inseln im Jahre 1892 zweimal besucht und dabei besonders den Farnkräutern viel Aufmerksamkeit zugewandt. Nach seinen Untersuchungen giebt es 45 Arten derselben. Sie machen 31 % der vorkommenden Gefässpflanzen aus und gehören meist Arten an, welche auch auf dem benachbarten Festlande und zum Teile auch sonst weit verbreitet sind. Der endemischen Arten giebt es nur sieben. Auffallend ist, dass die Insel Masatierra von der ganzen Zahl 43 Arten, Masafuera 19 und Santa Clara nur 3 Arten aufweist. Dr. Johow gruppiert sie nach ihren Standorten und giebt auch sonst noch manche interessante Aufschlüsse über dieselben.

Neuguinea. Eine Zusammenstellung und kritische Bearbeitung des durch die verschiedenen Forschungsreisen bis zur Gegenwart über Neuguinea zusammengebrachten Materials giebt A. Oppel[1]). Neuguinea, sagt er, wäre zwar gross genug, um als selbständiger Landkörper gelten zu können, und, auf der Karte betrachtet, bietet es sich auch als einen solchen dar. Gehe man aber der Sache auf den Grund, in diesem Falle auf den Meeresgrund, so zeige sich dieser in unmittelbarer Umgebung des Landes je nach den Örtlichkeiten zwar von verschiedener Tiefe, aber doch nirgends sehr tief.

„Anders aber erscheinen die Meerestiefen, wenn man sich von den Küsten etwas entfernt. Fast auf der ganzen Nordseite sinkt der Meeresboden rasch in eine Tiefe von 2000 *m* und mehr hinab, und schon am Äquator, der doch von der Nordspitze der Insel nur 40 *km* entfernt ist, liegt der Meeresgrund bei etwa 5000 *m*. Ähnliche Verhältnisse liegen sowohl im Osten als auch im Westen vor, insofern in diesen Richtungen der Meeresboden nicht nur verhältnismässig rasch bis zu einer mittleren Meerestiefe von etwa 5000 *m* hinabsinkt, sondern auch, weil gewisse Inseln und Inselgruppen von dem Hauptkörper nur durch flache Meeresteile geschieden sind.

[1]) Deutsche geogr. Blätter. 1893. **16.** p. 20 u. ff.

Ganz andere Verhältnisse als die vorherbeschriebenen finden wir im Süden. Da ist, wenigstens gegenüber den nördlichen Teilen von Australien, überall nur Flachsee anzutreffen, die nirgends eine Tiefe von 200 *m* erreicht. Da wo die grösste Annäherung zwischen den beiden Landkörpern stattfindet, d. h. in der Torresstrasse, beträgt die durchschnittliche Tiefe nur 15 *m*, die grösste aber 22 *m*, und diese liegt in der Nähe des Kap York.

Aus dieser Betrachtung geht hervor, dass sich Neuguinea mit den erwähnten Nachbarinseln auf einem submarinen Plateau von geringer Tiefe erhebt, das ausserdem noch das kontinentale Australien und Tasmanien trägt. Aus dem Umstande aber, dass die Flachseen in der Nähe der Insel zahlreiche Korallenstöcke aufweisen, darf man schliessen, dass die Trennung zwischen Australien und Neuguinea infolge Senkung gewisser Oberflächenteile eintrat, welche nun vom Meere bedeckt erscheinen. Ob freilich diese Bewegung noch weitere Fortschritte macht, darüber lässt sich zur Zeit nicht einmal eine Vermutung aussprechen.

Nach der Beschaffenheit des Meeresbodens zu urteilen, steht also Neuguinea in einem gleich nahen Verhältnisse zu Kontinentalaustralien wie Tasmanien. Diese drei müssen einst zusammen ein Festland gebildet haben, das an Grösse hinter Europa keineswegs zurückstand.

Obgleich sich nun Neuguinea auf einer durchaus flachen Meeresbank erhebt, und obgleich fast überall an der Meereskante Korallenbildungen angetroffen werden, so ist doch die Küstenbeschaffenheit keineswegs überall dieselbe.

Für die Verschiedenheit der Küstenbildung giebt die Oberflächenbildung des Landes den massgebenden Grund ab. Nach dem Wenigen, was man davon weiss, muss man annehmen, dass entlang der Hauptlängsaxe von Kap Sele bis zum Ostkap ein Gebirge zieht. Dieses füllt im äussersten Westen und Osten den ganzen vorhandenen Landraum aus; hier bilden sich daher zahlreiche felsige Vorsprünge, mehr oder minder steile Küstenabstürze und eine grosse Zahl kleinerer Buchten. Im zentralen Teile, wo das Land seine grösste Masse entfaltet, füllt das Gebirge keineswegs den ganzen Raum aus, sondern verläuft etwa parallel der Nordküste, aber von dieser doch um ein gutes Stück entfernt. Wenn auch diese zentrale Hauptkette freilich noch nirgends mit voller Gewissheit festgestellt ist, so unterliegt es doch keinem Zweifel, dass der nördliche Teil des Hauptkörpers vorwiegend gebirgig, der Süden desselben aber eine grosse Tiefebene ist. Dementsprechend zeigt auch der Norden vorwiegend steile Küstenformen, der Süden dagegen besitzt die typische Tropenflachküste. Hier sind die Ufer von zahlreichen Kanälen durchschnitten, welche das Meer in das Innere des Landes sendet. Diese Kanäle bilden an vielen Stellen förmliche Netze, welche das niedrige Land in lauter kleine Inseln zerspalten, von denen Teile mit dem periodischen Steigen des Meeres

bald überflutet, bald wieder bei Ebbe trocken gelegt werden. Diese engen Kanäle, sagt Th. Studer, umwuchert von einer exuberanten Vegetation, hauchen unter der senkrechten Sonne giftige Dünste aus, welche den Aufenthalt für den Menschen oft unmöglich machen. Die vorherrschende Pflanze dieser Gegenden ist die Mangrove, welche grosse Teile der Küste Neuguineas mit ihrem seltsamen Wurzelgeäste überzieht.

Während also die Flachküsten in landschaftlicher Beziehung eintönig, vom praktischen Standpunkte aus aber schwer zugänglich sind und keinen Nutzen darbieten, zeigen die gebirgigen Strecken nicht nur stellenweise hohe malerische Reize, sondern sie gewähren auch gute Gelegenheit zur Ansiedelung und zur Ausnutzung des Landes. In diesen wie in anderen Beziehungen sind der Westen, Osten und Norden vor dem Süden in auffälliger Weise bevorzugt.

Sowohl wegen seiner Oberflächengestalt, als wegen seiner geographischen Lage in dem regenreichsten Teile der Tropen, besitzt Neuguinea ein ausgezeichnetes Flussnetz; das darf man schon jetzt sagen, wo doch kaum die Hälfte der vorhandenen Flüsse an den Mündungen bekannt geworden ist. An Reichtum und Fülle der fliessenden Gewässer übertrifft Neuguinea nicht nur das in klimatischer Beziehung so ungünstig gestellte Australien, sondern vielleicht auch Landkörper wie Borneo und Madagaskar, denen es nach Grösse und Klima so nahe steht.

Von den drei politischen Anteilen dürfte bezüglich der fliessenden Gewässer der deutsche verhältnismässig am besten, der niederländische dagegen am schlechtesten bekannt sein; der britische endlich enthält wohl noch manchen ansehnlichen Strom, von dem man jetzt entweder nur den Unterlauf oder die Mündung oder nicht einmal diese kennt. Jedenfalls liegen hier die verhältnismässig längsten Wasseradern, da eben die Hauptwasserscheide der Nordküste genähert ist.

„Ausserordentlich gross," heisst es in einem offiziellen Berichte über Kaiser Wilhelmsland, „ist der Reichtum des Landes an lebendigem Wasser. Ausser den grösseren Flüssen wie Kaiserin Augusta-, Margareten-, Ottilien-, Gogol-, Kabenau-, Markham- und Franziskafluss bestehen noch zahlreiche Flussläufe, von denen bisher nur die Mündungen bekannt sind. Die an der korallinischen Zone zum Meere strebenden Wasserläufe sind meist Gebirgsbäche oder Bergströme, welche nur vereinzelt für Böte und kleinere Fahrzeuge schiffbar sind, aber oft ein sehr breites, steiniges Bett haben und zeitweilig grosse Wassermengen führen."

Flüsse zweiten Ranges sind namentlich im britischen Anteile ziemlich viele vorhanden, so der Morehead-, der Bamu-, der Philp-, der Stanhope-, der Queens Jubilee-, der St. Joseph-, der Vanapa-, der Laroki-, der Kemp Welshfluss u. a. Aber nur bei wenigen derselben, wie beim Vanapa und dem Kemp Welsh, ist man bis in die

Quellregion vorgedrungen, bei den anderen aber ist die Kenntnis mehr oder weniger unvollständig."

Von der Gebirgsbildung Neuguineas weiss man nur wenig Bestimmtes. Das Arfakgebirge begleitet die Nordküste der Halbinsel mit Höhen von teilweise 1200 bis 1300 *m*, steigt aber dann an der Ecke des grossen Geelvinkbusens zu 2902 *m* an und wendet seinen Steilabfall dem ebengenannten Meeresbecken zu. Nach holländischen Karten ist das Innere der Halbinsel etwa 600 *m* hoch, während die Anhöhen, welche das Nordufer des Mac Cluer-Golfes bilden, sich nur 100 *m* über diesen erheben. Durch eine Landzunge mit niedrigen, felsigen Hügeln, welche nach Missionär Geisler nur eine Viertelmeile breit sind, steht die Halbinsel Berau mit der Halbinsel Onin in Verbindung, welche zwar durchweg gebirgig zu sein scheint, aber doch nicht so hoch wie ihre Zwillingsschwester. Immerhin enthält sie ansehnliche Höhen; so den Genoffo 1500 *m* an der Bai von Argoeni und den Lamansieri 750 *m* an der Tritonbai. Jenseits der Åtnabai beginnt nun jene Erhebung, von der man annehmen muss, dass sie im Zusammenhange quer durch den Hauptkörper der Insel hindurchstreicht. Am Kap Boeroe erhebt sich der Lakahiaberg 1391 *m*, über den in östlicher Richtung Berg auf Berg aufsteigt. In dieser Kette, der man den Namen Charles Louis-Gebirge gegeben hat, scheint nach den Beobachtungen der Seefahrer ein Gipfel vorhanden zu sein, welcher Schnee trägt. Der bekannte englische Forschungsreisende Wallace bezeichnet das angeblich 5000 bis 6000 *m* hohe Charles Louis-Gebirge als die höchste Erhebung zwischen Himalaya und Anden und nennt es „apparently snow covered". Der erste, der dort Schnee gesehen haben will, war der holländische Kapitän Jan Carstens 1629. Dieselbe Beobachtung machte Kapitän Steenboom auf der Korvette „Triton" 1823.

Im Kaiser Wilhelmslande zieht eine mächtige Erhebung in der Richtung Nordwest zu Südost und steigt, nach Schätzungen, an einzelnen Stellen zu Höhen von 4000—5000 *m* auf. Von diesem Zentralgebirge aus laufen niedrige Gebirgszüge aus oder sind ihm vorgelagert, zwischen und vor denen sich nach der Nordküste zu mehr oder minder ausgedehnte Ebenen ausbreiten.

Die im Süden des deutschen Schutzgebietes belegenen Gebirge sind reich gegliederte Erhebungen mit schmalem Rücken, schmaler Grundfläche und steilem Abhange. Abweichungen davon bilden einerseits die an der Küste von Kalueng bis Kap König Wilhelm sich bemerkbar machenden Terrassen, welche in ihrer obersten Stufe häufig kleine Hochplateaus enthalten, anderseits einige warzenförmig aus dem übrigen Gebirge hervorstehende Bergkuppen, zu denen auch der Sattelberg bei Finschhafen gehört.

In welchem Verhältnisse diese Gebirge zu derjenigen Kette stehen, welche die Südgrenze der Augustaebene bildet, darüber lässt sich zur Zeit nicht das Geringste sagen. Anders steht es mit dem Mount

Yule und dem Owen Stanley-Gebirge, dasselbe muss bis auf weiteres als die höchste Erhebung Neuguineas angesehen werden.

Der Hauptpunkt des Owen Stanley-Gebirges ist der Mt. Victoria, 4000 *m* hoch, ausserdem liegen in dessen Nähe noch acht Berge zwischen 4000 und 3000 *m*.

Ein grosser Teil des westlichen Neuguinea scheint aus sedimentären Gesteinen zusammengesetzt zu sein. An der Galewostrasse und am Mac Cluergolfe sind gewisse Anzeichen vorhanden, welche darauf hindeuten, dass dieser Teil der Insel in einer nicht sehr fernen Zeit eine Senkung erlitten hat. Der Hauptkanal, welcher sich von der Bai von Segaar nach Südwest ins Land erstreckt, hat vollständig den Charakter eines Flusslaufes; er bildet mehrere Windungen, an deren konvexen Krümmungen die Ufer steil sind, während sie an der Konkavseite flach erscheinen. In der Geelvinkbai dagegen zeigen sich Spuren von Hebungen."

Nach 4-jährigen Beobachtungen ist die Temperatur gleichmässig warm und feucht, an der Küste im Jahresmittel etwa 26° C., im Inneren, z. B. in der Augustaebene etwas höher. Das Maximum an der Küste beträgt 35° C., das Minimum 19° C. Die Schwankung der mittleren Monatstemperatur ist gering; sie bewegt sich zwischen 25.2° C. (Juni) und 26.7° C. (Februar). Eine ausgesprochene längere Trockenzeit konnte bisher nicht festgestellt werden. Regen fällt in allen Monaten und allenthalben, jedoch nach Zeit und Örtlichkeit in verschieden grosser Menge. In Finschhafen wurden 1887 bis 1890 im Mittel 2764 *mm* gemessen.

Die Insel Sachalin ist von Prof. A. Krassnow im Juli und August 1892 besucht worden [1]). Der südlichste Teil der Insel besitzt Tundren und gefrorenen Boden, obgleich sie unter der Breite von Triest und Lyon liegt. Die Tundraformation ist überhaupt dort sehr verbreitet; manche Strecken sind auf mehrere hundert Werst nur mit öder Tundra bedeckt. Manche Torfschichten sind bis zu 10 Faden dick, und fast überall fand Verf. unter diesen Torfschichten und Tundrabildungen Lärchenwälder begraben. Die Flüsse, welche die Tundra durchströmen, erwärmen ihren Boden mit dem Wasser; sie spielen dieselbe Rolle wie die Flüsse in der Wüste, und wie dort, so kann man auch hier dicht nebeneinander öde, wüstenähnliche Tundra und üppige Vegetation beobachten.

Die Küstenänderungen im südwestlichen Schleswig während der geschichtlichen Zeit behandelt R. Hansen [2]). Er rechnet zum südwestlichen Schleswig: Eiderstedt, Nordstrand, Pellworm, die Halligen und die gegenüberliegende Festlandsküste. Für die ältere Zeit um 1200 n. Chr. lässt sich nicht viel schliessen. Während des 13. und 14. Jahrhunderts hat sich das Aussehen des Gebiets erheblich verändert. Es scheint, dass die ersten grösseren Verwüstungen die

---

1) Verhandl. d. Gesellsch. f. Erdkunde in Berlin 1893. **20.** Nr. 7. p. 394.
2) Petermann's Mitt. 1893. 8. p. 177.

Südostecke Nordstrands betrafen; die dafür von friesischen Chronisten angegebenen Jahreszahlen beruhen aber nur auf Mutmassungen. Jedenfalls wurde die Lundenbergharde und ein Teil der Edomsharde von der Verbindung mit Nordstrand abgerissen, und es bildete sich ein tiefer Priel zwischen Ulvesbüll, Lundenberg und Simonsberg einer- und Hersbüll — Lith — Hamm anderseits; Wittbüll und vielleicht noch einige andere dort befindliche Kapellen wurden zerstört, und zwischen dem neuen Priele und den alten Eider- und Heverarmen lagen die Inseln Lundenberg — Simonsberg und Ulvesbüll. Bald darauf schon scheint der Hauptarm der Hever zwischen Ulvesbüll und Hersbüll durchgegangen zu sein, während der südliche Arm zuzuschlicken anfing, so dass Ulvesbüll bequemer von Eiderstedt als von Nordstrand zu erreichen war. Die Trennung der Lundenbergharde ist, da in einer Urkunde von 1358 das Kirchspiel Morsum statt, wie zu erwarten, der Lundenbergharde genannt wird, vor 1358 anzusetzen.

Die Verheerung eines weiteren grossen Teiles von Nordstrand setzen die Chronisten teils ins Jahr 1300, teils 1354, teils 1362; im Volksmunde wurden die Katastrophen nach den Kalenderheiligen benannt; so gab es Marcellus-, Marien-, St. Gallen-, Allerheiligen-Fluten; für die einzelnen Jahre werden daher von den Chronisten oft verschiedene Tage angegeben. Nach Vergleichung der bezüglichen Angaben hält Verf. für die eigentlich entscheidende Sturmflut die vom Marcellustage, dem 16. Januar, 1362. Damals war durch den schwarzen Tod die Bevölkerung stark gelichtet, die Deiche waren infolgedessen vernachlässigt, und es fehlte nach dem neuen Menschenverluste an Händen, um das Verlorene durch sofortiges Einschreiten möglichst zu retten. Damals gingen verloren: ein Teil von Everschop mit den Kirchen Ivenfleth und Offenbüll und der Königskapelle, während Alt-Tetenbüll wohl noch längere Zeit in unbedeichtem Vorlande liegen blieb; ferner in Nordstrand der Flecken Rungholt, die Kirchdörfer Halgenis, Nigendamm, Unter- und Aver-Marsfleth, Akenbüll, Balum, Waldhusum, Heverdamm, die westlich auf den Inseln liegenden Kirchen von Hooge, Gormesbüll und Flerdebüll, die meisten Kirchen in der Wiedrichs-Harde, die seitdem sich in immer mehr Inseln auflöste, ferner die meisten Ortschaften im nordöstlichen Nordstrand. Die Niederungen am Festlande wurden ebenfalls verheert, und der Rest ihrer Bewohner zog sich zum grössten Teile auf den Geestrand zurück, so dass die Marschen zwischen Husum und dem südlichen Eiderarme fast menschenleer wurden. Die Ortschaften Drage und Seeth östlich von Friedrichstadt sollen damals erst entstanden, d. h. wohl, erst stark bevölkert worden sein. Die meisten Deiche waren jedenfalls vernichtet, mindestens stark beschädigt, und werden auch dort, wo man bald eingriff, vielfach weiter landeinwärts angelegt sein.

Nordstrand litt auch nach 1362 wiederholt durch Sturmfluten, und manches Stück Land musste ausgeworfen werden. Der nord-

westliche Teil, der „Bopheveringkoog“, scheint längere Jahre nur notdürftig gesichert gewesen zu sein, und in der Allerheiligenflut am 1. November 1436 wurde Pellworm von der übrigen Insel getrennt, und blieb es bis zur Wiedergewinnung des Neuen Kooges 1551. Die Trindermarsch war lange Zeit eine Insel und wurde wahrscheinlich erst 1522 wieder mit Nordstrand vereinigt. Die übrigen Inseln werden, namentlich an der Westseite, bedeutend an Ausdehnung verloren haben.

Im Anfange des 17. Jahrhunderts wurden in Eiderstedt und auf Nordstrand durch die Bemühungen der Landesherren und einzelner Privatleute viele neue Köge gewonnen; das Unternehmen Christians IV. von Dänemark, das grosse Vorland von Bredstedt einzudeichen, misslang jedoch, da man den Deich zu weit auf unreifes Wattland hinausgeschoben hatte. Die älteren Deiche, besonders auf Nordstrand, waren aber von ungenügender Stärke und ruhten teilweise auf Moorboden; der Mangel eines gemeinsamen Vorgehens seitens der „dickköpfigen“ Friesen hatte schon 1615 den Verlust von Brunock zur Folge. Da brach in der Nacht vom 11. zum 12. Oktober 1634 die zweite grosse Katastrophe herein. In Nordstrand wurden fast sämtliche Deiche vernichtet; 6408 Menschen ertranken; von den übriggebliebenen ca. 2500 wanderten noch viele aus; dem Reste fehlte es an Mitteln, das Land wiederzugewinnen, von dem in den nächsten Jahren noch 2 Drittel leicht zu retten gewesen wären; die Landesherren thaten wenig. So blieb denn ausser einigen Halligen nur ein Stück von Pellworm bewohnt, und die Deiche wurden hier bis 1637 ausreichend hergestellt; den Rest des südöstlichen Nordstrand, das Kirchspiel Odenbüll, überliess Herzog Friedrich III. im Jahre 1652 Ansiedlern aus Holland und Brabant, die 1654 den ersten Koog eindeichten und noch im Laufe des 17. Jahrhunderts drei neue Köge gewannen. Zu bemerken ist, dass an der Westküste von Pellworm der Deich später landeinwärts gelegt und Land preisgegeben wurde, und dass das Vorland nordwestlich von Nordstrand ganz verloren ist. Die Hallig Nordstrandischmoor, der Rest des alten Hochmoores, ist bedeutend abgebrochen, die Hamburger Hallig, 1634 das Nordostende Nordstrands, sehr klein geworden, aber jetzt durch Uferbauten geschützt und mit dem Festlande durch eine lange Lahnung verbunden Am schädlichsten für diese beiden wie für die übrigen stark abgebröckelten Halligen, deren Kirchen wiederholt verlegt werden mussten, waren die Sturmfluten am 24. Dezember 1717 und am 3.—4. Februar 1825.

Eiderstedt hatte 1634 einen Verlust von 2107 Menschen, rettete aber seinen Bestand an Land; nur an der Dünenküste bei St. Peter hat es damals und später Land eingebüsst. Neue Eindeichungen erfolgten in den ehemaligen Eider- und Heverarmen; nur der 1699 gewonnene Graffenskoog oder Tomlauer Koog ging 1717 schon wieder verloren und ist erst 1860 als Süderheverkoog neu bedeicht. Südlich von Eiderstedt entstand im vorigen Jahr-

hunderte die Insel Köller; sie wurde 1825 vernichtet, und mitten durch sie geht jetzt ein Arm der Eider. Grossen Verlust brachten die Fluten von 1634, 1717 und 1825 in dem östlichen Reste der alten Lundenbergharde, so dass die Simonsberger Kirche seit 1634 noch zweimal — einmal schon vorher — verlegt werden musste. Erst 1860 wurde ein Stück als Simonsberger Koog neu bedeicht.

Die Festlandsmarsch nördlich von Husum hat sich seit 1634 bedeutend vergrössert; das Inselgewirr nordwestlich von Langenhorn ist eine zusammenhängende Fläche geworden.

Strandverschiebung bei Libau an der Ostsee. Über eine Hebung der Seeküste schreibt man dem „Rigaer Tageblatte“ aus dem russischen Ostseehafen Libau: „Die Küste hat hier bei der Stadt in den letzten 50 Jahren um mehr als 50 Faden (Klafter) zugenommen, und die Lage des jetzigen eisernen Leuchtturmes bezeichnet ungefähr die damalige Strandgrenze. Ist man hier auch rasch bei der Hand, die kolossale Zunahme, namentlich auf der Nordseite des Hafens, durch zu nahes Entleeren der Baggerprähme während des Hafenbaues zu erklären, und wollen andere wieder als Urheber den längs der Küste laufenden, mit Sand gesättigten Strom (aus dem Libauer See in die Ostsee) ansehen, so giebt die Sache zu ernstem Nachforschen Anlass, da eine Zunahme des Strandes schon aus früheren Zeiten nachweisbar ist. Dass wir es mit unterirdischen Kräften zu thun haben, liegt nahe, zumal sich auch an der preussischen Küste, im Kurischen Haffe, derartige Erscheinungen zeigten, namentlich plötzliche Strudel mit ihren gefährlichen Wirkungen, als deren Entstehungsursache wohl nur solche Kräfte anzusehen sind. Haben ferner die Beobachtungen an der schwedischen, dänischen und finnischen Küste bewiesen, dass wir es in der Ostsee mit Hebungen und Senkungen zu thun haben, so ist es umsomehr zu bedauern, dass an unseren Küsten der Sache fast gar keine Aufmerksamkeit geschenkt wird. Erinnern wir uns daran, dass z. B. hier in den Jahren 1845 und 1858, bei vollkommen ruhiger See, plötzlich das Wasser um mehrere Fuss stieg und am Strande und im Hafen arge Verwirrung anrichtete, dass man ferner bei den Hafenarbeiten auf der Nordseite auf verschiedene Schiffwracks mit ihren Ladungen gestossen ist, als sicheren Beweis für die stattgefundene Terrainveränderung; zieht man dabei in Rechnung, dass nach der Sage sämtliche Gewässer um Libau in alten Zeiten bedeutend tiefer gewesen sind, auch der Libau'sche See, der es ermöglicht haben soll, dass durch den Perkuhn'schen Bach Schiffe bis zum Ordensschlosse Grobin gelangt sind, so liegt die Annahme durchaus nahe, dass wir es mit einer Hebung durch unterirdische Kräfte zu thun haben. Recht auffallende Uferveränderungen u. s. w. sind auch nördlich von Libau bis Sackenhausen wahrzunehmen[1].“

---

[1]) Deutsch. Rundsch. f. Geographie 1893. p. 233.

Strandlinienveränderungen im nordöstlichen Seeland. Die für Strandlinienverschiebungen sprechenden Ablagerungen an der Küste der dänischen Insel Seeland wurden von K. Rördam untersucht[1]) und kartographisch niedergelegt. Er findet, dass dieselben dafür sprechen, dass nach der Diluvialzeit während einer gewissen Epoche der Seespiegel 3—4 *m* höher als heute stand. Die Hebung war wahrscheinlich im nördlichen Teile des Gebietes grösser als im südlichen. Während dieser Periode bildeten sich Muschelablagerungen. Damals bestanden zahlreiche Fjorde, die sich besonders an der Nordküste tief in das Land hineinzogen. Diese Periode nannte Rördam die marine Periode. Erst nach ihrem Ende tritt die früheste Besiedelung des Landes ein. Später stieg das Land langsam, und zwar wahrscheinlich bis zum Anfange des Mittelalters, seitdem ist Ruhe eingetreten. Alte Muschelablagerungen aus der marinen Periode finden sich an Stellen, wo heute trockenes Land, Torfmoore oder Süsswasserbecken sind.

Über die Ursache der säkularen Verschiebungen der Meere und Festländer verbreitete sich F. Loewinson-Lessing[2]). Er sieht die Hauptquelle derselben in Veränderungen der Lithosphäre. Gegenwärtig finden in den tropischen ozeanischen Teilen der Erde Senkungen statt, welche einerseits Hebungen und Pressungen der zwischenliegenden Gebiete verursachen und andererseits durch Zuströmen der polaren Wasser in die neuen Depressionsgebiete der Tropen scheinbare Hebungen in den Polargebieten bedingen.

Die Korallenriffe von Dar-es-Salaam und der Umgegend hat Ortmann besucht und beschrieben[3]). Die Küste zeigt durch das Vorkommen von festem, an Ort und Stelle gebildetem Korallenkalke über dem heutigen Seespiegel, dass eine negative Strandverschiebung dort stattfindet. Dieser Schluss erhält Bestätigung durch das Vorkommen mariner Muschelschalen noch heute im Meere lebender Arten in 7 *m* bis 9 *m* Höhe über dem Seespiegel. An dieser Küste können sich vorwiegend nur Strandriffe bilden, bloss bei sehr flachem Abfalle ist die Bildung von Riffen in einiger Entfernung vom Strande möglich. Die Entstehung solcher vom Verf. Flachseeriffe genannter Riffe ist anscheinend sehr von lokalen Einflüssen (Meeresströmungen, Detritusablagerungen u. s. w.) beeinflusst. Ihre Verteilung ist eine ziemlich regellose, manchen flachen Küstengebieten, so z. B. dem sandigen Strande von Bagamoyo und Sadaani, fehlen sie ganz. Im Gegensatze zu den echten Barriereriffen der Südsee fehlt ihnen der steile Abfall nach der Meeresseite. Ebenso fehlen in dem untersuchten Gebiete echte Atolls. Zwar lassen einige Riffbildungen — so z. B. die Sindainseln — eine ringförmige Gestalt erkennen, doch unterscheiden sich dieselben von

[1]) Geogr. Tidskr. 1892. **11.** p. 163.
[2]) Festrede am Stiftungstage der k. Universität Dorpat 1893.
[3]) Zoolog. Jahrbuch, Abteilung f. Systematik u. Biologie. **6.** p. 631.

den Atolls der Südsee durch die geringe Tiefe des Meeres in ihrer Umgebung (nirgends mehr als 10 Faden), sowie dadurch, dass sie sich viel höher als jene über den Meeresspiegel erheben. Überhaupt ist ein charakteristischer Zug der Korallenriffe des Küstengebietes von Dar-es-Salaam ihre sehr verschiedene Höhe. Während einige noch so tief unter dem Wasserspiegel liegen, dass Dampfer über sie hinwegfahren können, erreichen andere gerade die Oberfläche, während noch andere in sehr verschiedener Höhe dieselbe überragen. Es ist dies gerade ein Verhalten, wie wir es in einem Hebungsgebiete erwarten müssen.

Indem Verf. die charakteristischen Eigentümlichkeiten dieser Korallenriffe in einem Hebungsgebiete hervorhebt, erklärt er sich gegen die Beweiskraft der von Guppy gegen die Darwin'sche Theorie der Korallenbildung angeführten Gründe und glaubt namentlich, dass Guppy, indem er die Tiefengrenze für das Vorkommen riffbauender Korallen erheblich tiefer legte, nicht sorgfältig genug zwischen Steinkorallen im zoologischen Sinne und wirklich riffbauenden Korallen unterschieden hat. Das Vorkommen gewisser Steinkorallen in grossen Meerestiefen beweist noch nicht, dass dort auch die Bedingungen zur Riffbildung gegeben seien.

Von allgemeinerem Interesse sind noch einige Beobachtungen des Verf. über die Lebensweise gewisser Korallen. So konnte derselbe — in Bestätigung schon früher von anderen Beobachtern gemachter Angaben — feststellen, dass einige Korallenarten (Porites lutea, Coeloria sinensis, Goniastraea seychellensis, Tubipora Hemprichii) zur Ebbezeit stundenlang ohne Wasserbedeckung den Sonnenstrahlen ausgesetzt lagen, ohne Schaden zu leiden. Ferner fand sich eine Reihe von Arten, welche nicht auf felsigem Grunde festgewachsen waren, sondern locker auf sandigem oder kiesigem Grunde lagen, selbst grosse Blöcke von Psammocora, Lophoseris u. a. liessen sich ohne Mühe emporheben, andere wurden von den Wellen hin und her bewegt. Einige Arten fand Verf. auf Seegras angewachsen. Einige der von den Wellen bewegten Blöcke fanden sich auf allen Seiten mit lebenden Korallen bedeckt. Es ist damit von neuem dargethan, dass felsiger Untergrund wenigstens nicht für alle Korallenarten notwendig ist.

8. Das Meer.

Die Farbe des Meerwassers ist von Prof. Pouchet während der Fahrt des Dampfers „La Manche“ von Schottland über Jan Mayen nach Spitzbergen beobachtet worden [1]). Die Beobachtungen erstrecken sich auf die Monate Juli und August 1892. Pouchet unterscheidet nur 3 Farbennüancen, blau, grün und einen mittleren Ton. Die Verteilung dieser Farben an der Meeresfläche war eine

[1]) **Assoc. Française pour l'avancement des sciences Congrès de Pac. 1892.**

sehr ungleiche und unregelmässige. Die Ursache der Färbung sucht er in den als Plankton freischwimmenden Meerespflanzen, deren Chlorophyll (auf eine nicht näher bezeichnete Weise) sich im Wasser auflösen soll.

Beobachtungen über Meereswellen hat G. Schott angestellt[1]). Dieselben beziehen sich auf die Wellengeschwindigkeit, ihre Länge und Periode.

Eine grosse Schwierigkeit bei diesen Bestimmungen ist die, überüberhaupt Wellensysteme zu finden, welche einigermassen regelmässig ausgebildet sind; sodann sind Reduktionen nötig wegen der Fahrt des Schiffes durch das Wasser und des Winkels, unter welchem der Kiel die Wellen schneidet: lauter Umstände, welche bei aller Genauigkeit der beobachteten Masse doch vieles dem persönlichen Takte und Gefühle des Beobachters überlassen.

Man hat bekanntlich auf dem Wege der mathematischen Analyse mit Benutzung der Trochoidentheorie versucht, die Wellenbewegungen, wie sie die hohe See aufweist, in Formeln zu fassen, um so alle in Frage kommenden Wellenmasse bei Beobachtung selbst nur eines Stückes berechnen zu können.

Professor Krümmel's zusammenfassende Darlegungen über diesen Gegenstand haben gezeigt, dass die Trochoidenformeln wohl geeignet sind, die Geschwindigkeit, Länge und Periode der Wellen zu liefern; Verf. glaubt, hinzufügen zu können, dass sie dazu sogar vorzüglich passen und daher auch beim Schiffsbaue technisch volle Beachtung verdienen.

Eine mässig gute Passatbrise (B. Skala 5, Windgeschwindigkeit 12 *m* in der Sekunde) schafft Wellen, deren Länge, von Kamm zu Kamm gemessen, etwa 35 — 40 *m* beträgt, deren Periode 4.5 bis 5.0 Sekunden ist (so dass also alle 5 Sekunden eine neue Welle kommt), deren Geschwindigkeit endlich sich auf 7 — 8 *m* in der Sekunde oder auf 27 *km* in der Stunde beläuft.

Schwere Sturmwellen dagegen laufen nach des Verf. Beobachtungen bis zu 18 *m* in der Sekunde (= 65 *km* in der Stunde) und noch mehr; sie erreichen eine Länge von über 200 *m*. In seltenen Ausnahmefällen nur dürften grössere Masse vorkommen.

Was den Zusammenhang zwischen den Dimensionen der Meereswellen und der Windgeschwindigkeit anlangt, so hat Verf. gefunden, dass bei allen Windstärken die Windgeschwindigkeit immer noch erheblich grösser ist als die Wellengeschwindigkeit, eine Beziehung, welche aber doch den meisten bisherigen Darlegungen zufolge durchaus nicht bestand, indem der Welle im allgemeinen eine grössere Geschwindigkeit als dem Winde zuerteilt wurde.

Die in dieser Hinsicht oft erwähnte „Dünung vor dem Sturme", d. i. ein hoher Seegang, welcher öfters vor Stürmen herläuft und

---

[1]) **Verhandlungen der Ges. f. Erdkunde zu Berlin 20, 1893. p. 79 u. ff.**

vielfach dieselben ankündigt, scheint dem Verf. trotzdem sehr wohl erklärbar zu sein, ohne dass hier darauf einzugehen wäre.

Das Verhältnis sodann der Höhe der Wellen zur Windgeschwindigkeit unterliegt sehr bedeutenden Schwankungen: bei Sturm und hohem Seegange ist die Wellenhöhe etwa reichlich ein Drittel der Windgeschwindigkeit (in Metern ausgedrückt), bei mässigen bis schwächeren Winden aber ein Achtel.

Die Wellenhöhe nimmt mit zunehmendem Winde nicht einfach, sondern nach einer hyperbolischen Kurve zu.

Auch haben Sturmwellen einen stärkeren Böschungswinkel als mässige Wellen, indem nach des Verf. Beobachtungen — in guter Übereinstimmung mit den grundlegenden Messungen des französischen Lieutenants Paris — das Verhältnis der Wellenhöhe zur Wellenlänge sich in hohem Seegange wie 1 : 18, in mässiger See wie 1 : 33 stellte.

Zur Messung der Wellenhöhe wurde in erster Linie nach Dr. Neumayer's Vorschlage ein sehr empfindliches, mit mikroskopischer Ablesung versehenes Aneroid benutzt, welches auf Grund der beobachteten Luftdruckänderungen unter Anwendung mehrerer Kautelen Wellenhöhen im Maximum bis zu 9.8 *m* ergab, während die gleichzeitig am Schiffe gemachte Schätzung sich auf reichlich 11 *m* belief. Lieutenant Paris hat als Maximalhöhe 11.5 *m*, und man wird sagen dürfen, dass selbst in sehr schweren Stürmen und auf offenem Ozeane Wellen von mehr als 15 *m* Höhe ausserordentlich selten sind, die meisten aber der Angaben, welche noch grössere Zahlen zeigen, berechtigten Zweifel erregen müssen.

Die Beruhigung der Wellen durch Seifenwasser statt durch Öl ist das neueste auf dem Gebiete der Nautik. Bekanntlich ist seit einigen Jahren die besonders durch Franklin im vorigen Jahrhunderte empfohlene Anwendung des Öles zur Beruhigung der Meereswogen sehr in Aufnahme gekommen und hat sich in vielen Fällen glänzend bewährt. Die wahre Ursache, aus welcher das Öl wellenberuhigend wirkt, ist dagegen zur Zeit noch keineswegs endgültig ermittelt worden. Dr. W. Köppen ist nun auf Grund gewisser theoretischer Betrachtungen zu dem Ergebnisse gekommen, dass man von Seifenwasser noch viel günstigere Wirkungen auf die Beruhigung der Wellen erwarten kann als von Öl. Einige Versuche, die er auf Elbe und Alster angestellt hat, zeigten ihm, dass in der That die Glättung der kleinen Wellen (Rippelungen) durch Seifenwasser noch viel rascher und mindestens ebenso deutlich stattfindet als durch Öl. Ein Kubikzentimeter Seifenwasser genügte jedesmal, um in einigen Sekunden einen mehrere Quadratmeter grossen Raum ohne alle Wellenspitzen zu schaffen, welcher gegen die umgebende rauhe Wasserfläche scharf abstach und selbst auf den von vorbeifahrenden Dampfern aufgeworfenen Wellenzügen klar erkennbar blieb. Was den Verbrauch von Seifenwasser zur Beruhigung der Wellen anbelangt, so meint

Köppen, dass voraussichtlich ungefähr dieselbe oder, wegen der Mischbarkeit mit dem Seewasser, eine etwas grössere Quantität Wasser nötig sein wird als jetzt Öl, dass aber in diesem Wasser nur etwa ein Tausendstel soviel Seife gelöst zu sein braucht, und zwar würde in der Regel gewöhnliche „grüne“ Seife dem praktischen Bedürfnisse am besten entsprechen. Stärkere Lösungen würden kaum besser wirken. Ein Umstand ist aber vorhanden, welcher den Köppen'schen Vorschlag, Seife an Stelle von Lampenöl, Leinöl, Terpentinöl und Fischthran zu benutzen, weniger empfehlenswert macht. Man muss nämlich die Seife in Süsswasser auflösen, denn Seifenwasser, das mit Salzwasser hergestellt wurde, zeigte sich völlig wirkungslos. Es wird also, sagt Köppen, notwendig sein, an Bord die Seifenlösung mit „frischem“ Wasser anzurichten. Frisches, bezw. Süsswasser ist aber unter Umständen an Bord eines Seeschiffes ein sehr wertvolles Naturprodukt, und es wird in gewissen Fällen recht fraglich sein, ob man nicht vorzieht, Öl statt Trinkwasser zu opfern. Die bisherigen Erfahrungen über die Menge des zur Beruhigung der Wellen erforderlichen Öles lauten verschieden. Im Durchschnitte sind etwa 1 — 2 *l* für Stunde und Schiff verbraucht worden, so dass es sich nicht nur gegenüber den grossen Summen, die auf dem Spiele stehen, sondern auch, absolut genommen, um eine sehr geringe Ausgabe handelt, die ihrem Geldwerte nach gar nicht in Betracht kommen kann. Wenn daher das „Seifen der See“ nicht in sehr erheblich grösserem Masse wellenberuhigend wirkt als Lampenöl oder Fischthran, so wird es das „Ölen der See“ wohl kaum verdrängen, um so weniger, als die Seifenlösung wohl immer erst hergestellt werden muss, wenn man sie braucht. Köppen legt seine Untersuchung den praktischen Seefahrern vor, damit dieselben die von ihm gezogenen Schlüsse an der Hand der Erfahrung auf hoher See prüfen mögen.

Die Mascaret der Seine ist von A. Dormoy studiert worden[1]), der zu dem Ergebnisse gelangt, dass diese unheilbringenden Hochfluten an der Seine sowohl als auch am Amazonenstrome, an der Gironde wie an der westlichen Gangesmündung einem „Fehler“ in der Flussgestaltung zuzuschreiben ist. Seit der Regulierung der Seine (1888) hat man dort die Erscheinung nicht mehr beobachtet. Die Neigung des Flussbettes spielt dabei die bedeutendste Rolle. Nimmt die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Flutwelle bei ihrem Eindringen in den Fluss ab, was in seichterem Wasser der Fall ist, so muss der Winkel, unter dem die eindringende Welle das abfliessende Wasser trifft, zunehmen, die Flutwoge wird grösser, nimmt dagegen mit zunehmender Flusstiefe ab. Letztere muss also, um die Flutwogen zu verringern, vergrössert werden. Die atmosphärischen Verhältnisse spielen nur eine untergeordnete Rolle.

Tiefseeforschungen im östlichen Mittelmeere. Der kais. österreichische Transport-Dampfer „Pola“ hat auf Anregung der

[1]) Annales hydrograph. Paris 1892. p 44—58.

kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in den Jahren 1890—92 in der Osthälfte des Mittelmeeres Tiefseeuntersuchungen angestellt, über deren Ergebnisse früher einzelnes verlautete [1]). Jetzt sind die Gesamtergebnisse in einem umfassenden Werke veröffentlicht, in welchem der physikalisch-ozeanographische Teil von Prof. Luksch bearbeitet ist. Linienschiffslieutenant Haus giebt [2]) eine Zusammenstellung der wesentlichen Ergebnisse, der das Folgende entnommen ist.

Tiefenverhältnisse. Der zentrale Teil des Mittelmeeres zwischen Sizilien und Kandia, Italien und Afrika, bildet das tiefste und bedeutendste mediterrane Depressionsbecken, welches mehrfach mit ozeanischen Tiefen dicht an die Küsten von Sizilien, Griechenland, Kandia und Afrika (Plateau von Barka) herantritt. Der steilste Abfall des Meeresbodens wurde bei der Insel Sapienza (bei Navarin) konstatiert, wo in nur 10 Seemeilen Entfernung vom Lande eine Tiefe von 3150 *m* gemessen wurde, woraus sich eine mittlere Böschung von nahezu 10° ergiebt. So ziemlich im Zentrum dieses Beckens hatte „Washington" im Jahre 1887 die grössten Tiefen von 4055—4067 *m* gelotet. Die Lotungen der „Pola" lassen es aber nunmehr ausser Zweifel erscheinen, dass die tiefste Stelle ca. 180 Meilen weiter östlich zu suchen ist, indem dort, 54 Meilen südwestlich von Kap Matapan, das Lot in eine Tiefe von 4400 *m* sank, die grösste Tiefe, die bisher im gesamten Mittelmeere gefunden worden.

Zwischen der „Pola"-Tiefe und der „Washington"-Tiefe liegt ein etwa 1000 *m* vom Meeresboden aufsteigender, nordwestlich verlaufender Rücken, wie es scheint eine unterseeische Fortsetzung des Plateaus von Barka.

Ebenso trennt eine von diesem Plateau in nordöstlicher Richtung zur Insel Kandia hinziehende Bodenschwelle, über welcher wenig mehr als 2000 *m* Wasser liegt, die „Pola"-Tiefe von der Depression des östlichsten Mittelmeerbeckens.

Die ausgedehnteste Einsenkung dieses Beckens zieht vom Golfe von Solun in nordöstlicher Richtung gegen den Golf von Adalia hin; doch scheint das Areal des unter 3000 *m* Tiefe sinkenden Meeresbodens nicht von bedeutender Ausdehnung zu sein.

Die grösste Tiefe dieses Beckens wurde übrigens nicht in der angegebenen Einsenkung, sondern am nördlichen Rande des ersteren, circa 28 Meilen vom hohen Lande der Sieben Vorgebirge (südlich von Makri) gefunden, und zwar 3591 *m*. Es tritt somit auch bei dieser, wie bei der „Pola"-Tiefe und den Senkungsgebieten des westlichen Mittelmeeres, die für alle bedeutenden ozeanischen Depressionen charakteristische Thatsache zu Tage, dass die grössten Tiefen nicht in der Mitte der Meere, sondern an deren Rande, in

---

[1]) Klein, Jahrbuch **2.** p. 232. **3.** p. 202.
[2]) Mitt. der k. k. geogr. Ges. in Wien 1893. **36.** 1. Heft. p. 32. u ff.

der Nähe einer steil abfallenden, mit Vulkanen oder doch hohen Bergen besetzten Küste liegen.

In der vielfach bis auf mehr als 100 Meilen Entfernung vom Lande durchkreuzten Syrischen See fand „Pola“ nur 4 Tiefen über 2000 *m* (die grösste mit 2130 *m*), im Kanale zwischen Cypern und Karamanien, dessen Tiefen bis jetzt ganz unbekannt gewesen, nur 2 Tiefen über 1000 *m*.

Meerestemperatur. Die in den Hauptzügen schon bekannt gewesene Wärmeverteilung im östlichen Mittelmeere erscheint nunmehr durch die in allen Meeresschichten vorgenommenen 1655 Temperaturmessungen der „Pola“ wenigstens für die Sommerverhältnisse genau bestimmt.

Im allgemeinen zeigt sich im Sommer das Wasser des östlichen Mittelmeeres in allen Schichten höher erwärmt, als jenes im westlichen Teile.

In dem Forschungsgebiete der „Pola“ selbst ist diese Zunahme der Temperatur von West nach Ost, ebenso wie die von Nord gegen Süd, an der Oberfläche und in den Mittelschichten deutlich ausgesprochen und auch noch im Bodenwasser erkennbar, mit Ausnahme des östlichsten Beckens — östlich des Meridians von Rhodus — wo in allen Tiefen von mehr als 1000 *m* ausnahmslos 13.6° C. gemessen wurde.

Von der Oberfläche nach abwärts nimmt die Temperatur etwa bis 100 *m* sehr rasch — am raschesten zwischen 30 und 70 *m* — dann immer langsamer, und von 400 bis 1000 *m* nur noch um circa $^1/_2$° C. ab.

Von der Tiefe von 1000 *m* abwärts findet keine nennenswerte Wärmeabnahme statt, und bis zum Grunde herrscht eine nahezu konstante Temperatur von 13.5 bis 13.9° C.

Diese hohe und konstante Wärme der Tiefenschichten, welche sich im westlichen Mittelmeere um etwa 1° C. niedriger stellt, verdankt das Mittelmeer bekanntlich — ausser seinem Klima — der Abschliessung vom Ozeane, mit welchem es nur in sehr schmaler und oberflächlicher, unter das Niveau von 400 *m* nicht hinabreichender Verbindung steht. Infolge dessen ist das Mittelmeer von dem Zuflusse kalten Wassers aus grösseren Tiefen des Ozeanes bewahrt, und seine Tiefentemperatur wird hauptsächlich nur durch die an der Oberfläche herrschenden Wärmeverhältnisse bestimmt, während im Ozeane die klimatischen Faktoren im allgemeinen ohne Einfluss auf die Tiefentemperatur sind, und diese bis zum Grunde abnimmt, so dass in Tiefen gleich den grössten des Mittelmeeres auch unter dem Äquator eine Temperatur von nur 2° C. und darunter herrscht.

Von der ozeanischen Zirkulation des Tiefenwassers abgeschlossen, befindet sich das ganze Mittelmeer, mit Ausnahme seiner oberen Schichten bis etwa 400 *m*, in einem Zustande nahezu vollkommener Stagnation, welcher Zustand nicht nur die oben dargestellte Wärme-

verteilung in der Tiefe bedingt, sondern auch den Salzgehalt und die chemischen und physikalischen Verhältnisse überhaupt beeinflusst, in einschneidendster Weise auf das organische Leben — die Tiefseefauna des Mittelmeeres ist (im Gegensatze zum Tierreichtume in dessen oberen Schichten) bekanntlich auffallend arm — ja selbst auf die Beschaffenheit des Meeresgrundes zurückwirkt.

Spezifisches Gewicht und Salzgehalt. Das spezifische Gewicht, respektive der aus demselben abgeleitete Salzgehalt des Seewassers in der ganzen Osthälfte des Mittelmeeres schwankt zwischen 1.0290 und 1.0300 (auf 17.5° C. reduziert), entsprechend den Salzgehalten von 3.79 und 3.93 %, ist also beträchtlich höher als irgendwo im Ozeane und höher als im westlichen Mittelmeere. Der Salzgehalt nimmt in den oberen und den Mittelschichten im ganzen von West gegen Ost hin zu, während am Grunde eine solche Zunahme nicht bemerkbar ist. Im Zentralbecken ist eine allmähliche Zunahme des Salzgehaltes von der Oberfläche nach dem Grunde zu deutlich ausgesprochen; im östlichen Becken hingegen werden die höchsten Werte an der Oberfläche und in der obersten Schicht bis etwa 100 *m*, die niedrigsten am Grunde beobachtet. Die Unterschiede sind hier übrigens so gering (3.89 — 3.93 %, respektive 1.0297—1.0300), dass im Ostbecken alle Schichten ziemlich gleichmässig durchsalzen erscheinen.

Die etwas stärkere Durchsalzung der oberen Schichten, die auch in allen Passatregionen beobachtet wird, ist jedenfalls eine Folge der besonders intensiven Verdunstung und der Regenlosigkeit der Jahreszeit.

In den seichten Gewässern vor dem Nildelta macht sich der versüssende Einfluss des Nilwassers nur bis auf ungefähr 15 Meilen Entfernung von der Küste geltend.

Durchsichtigkeit und Farbe des Seewassers. Zur Untersuchung der Durchsichtigkeit wurden weisse blanke Metallscheiben bis zum Momente des Verschwindens langsam ins Meer versenkt.

Die Beobachtungen bestätigen die aussergewöhnlich hohe Transparenz des Mittelmeerwassers. Die geringste Sichtbarkeitstiefe war 32 *m*, und zwar gerade an der grössten Tiefe südwestlich vom Kap Matapan; in mehreren Fällen entschwand die Scheibe dem Auge erst in Tiefen über 50 *m*; die grösste Tiefe, in welcher die Scheibe noch sichtbar war, betrug rund 60 *m* (circa 65 Meilen westlich von Beirut), ein Durchsichtigkeitsgrad, wie er nach dieser Methode bisher nur in der Sargassosee von der Planktonexpedition 1886 konstatiert worden.

Wie tief überhaupt Lichtstrahlen (natürlich nur die chemisch wirksamen, für welche das Seewasser die höchste Durchlässigkeit besitzt), in das Meer eindringen, wurde durch Versenkung und Exponierung lichtempfindlicher Platten untersucht. Die Resultate sind ungefähr die gleichen wie die von Petersen bei Capri erlangten; in 550 *m* Tiefe waren noch Lichteindrücke an Platten wahrnehmbar,

in 600 *m* konnten jedoch solche mit Sicherheit nicht mehr konstatiert werden.

Die Farbe des Seewassers wurde nach einer bestimmten Skala (mittels auf chemischem Wege hergestellter blauer Flüssigkeiten verschiedener Nüancen) festgestellt. Hierbei zeigte sich eine Abnahme der dunklen Meeresfarbe mit der Zunahme der Sonnenhöhe, während betreffs der Durchsichtigkeit natürlicherweise das entgegengesetzte Verhalten aus den Beobachtungen hervorging, d. h. Zunahme der Durchsichtigkeit mit dem Wachsen der Sonnenhöhe.

Die Tiefseeuntersuchungen im Schwarzen Meere seitens des russischen Kanonenbootes „Tschernomoretz" haben bekanntlich die merkwürdige Thatsache ergeben, dass in den grössten Tiefen dieses Meeres Schwefelwasserstoff (H_2S) in grossen Mengen konstant vorhanden ist, und diese Thatsache ist durch eine neue Expedition 1891 bestätigt worden [1]. Die Ursache dieses Vorkommens ist völlig dunkel. N. Andrussow hat indessen eine Erklärung gegeben, welche vom physikalisch-geologischen Standpunkte aus sehr merkwürdig erscheint [2].

Im Tiefseeschlamme des Schwarzen Meeres (von 100—600 Faden = 180 bis 1000 *m*), welcher gegenwärtig ganz leblos ist, finden sich subfossile Reste brackischer Konchylien. Diese kommen in jenen Tiefen heute nicht mehr vor, weil der grosse Salzgehalt dieser Gewässer solches unmöglich macht; auch ist ein Transport durch Strömungen oder Wellen ausgeschlossen, schon weil die Arten teilweise zu den im Gebiete des Schwarzen Meeres heute nicht mehr existierenden gehören „Es bleibt also," sagt Andrussow, „nur die Annahme übrig, dass diese Muscheln Zeugen einer von uns nicht weiten Epoche sind, in welcher der Pontus einen kolossalen Brackwassersee darstellte. In diesem Zustande befand sich der Pontus noch vor kurzem, weil erstens die brackischen Konchylien zu den noch, wenn auch nicht immer im pontischen Gebiete, lebenden Arten gehören; zweitens ist die sie bedeckende Sedimentschicht nicht dick, sonst würde die Dredge dieselben kaum an das Tageslicht bringen.

Die physikalischen Verhältnisse dieses Sees waren denen des Kaspischen Meeres ähnlich; d. h. sein Wasser besass eine geringe Salinität, nicht über 1.5 %, wahrscheinlich viel weniger; die klimatischen Verhältnisse waren wohl strenger, wenigstens gegen das Ende seiner Existenz, das beiläufig mit der Glazialperiode zusammenfiel. Die thermischen Verhältnisse waren aber im allgemeinen denen des Kaspischen Meeres, resp. der grossen Süsswasserseen des gemässigten Typus Forel's ähnlich, d. h. der brackische Pontussee besass eine vollkommene vertikale Zirkulation infolge kleiner Differenzen der spezifischen Gewichte an der Oberfläche und in den Tiefen; nur wegen eines strengeren Klimas musste die Bodentemperatur des Pontussees niedriger gewesen sein als die des Kaspischen Meeres (6°—7°). Infolge einer vollständigen Vertikalzirkulation war die Versorgung der Tiefen mit atmosphärischen Gasen möglich, was auch das organische Leben in allen Tiefen möglich machte. Die organische Welt, wie es die oben erwähnten Muscheln beweisen, erinnert an die des Kaspischen Meeres. Die Zahl der Dragierungen war zu ungenügend, um ein vollkommenes Bild der Verbreitung dieser Muschelreste geben zu können, doch schon das, was wir wissen, zeigt auf eine gewisse Regelmässigkeit

[1] Klein, Jahrbuch 3. p. 204 und ff

[2] Mitt. d. k. k geogr Gesellschaft in Wien 1893. Nr. 7. p. 333 u. ff.

in ihrer bathymetrischen Verteilung, also darauf hin, dass dieser Pontussee schon damals beträchtliche Tiefen besass, wenn nicht fast ebenso tief war, wie heute.

Die Ereignisse, welche die Verbindung des Pontussees mit dem Mittelmeere veranlassten, haben den vollständigen Umschwung seiner physikalischen, chemischen und biologischen Verhältnisse mit sich gebracht.

Wann aber traten die beiden Wasserbecken miteinander in Verbindung, und welcher Art waren die Erscheinungen, welche diese Verbindung vermittelt haben? Die schönen Untersuchungen Neumayr's[1]) haben uns gezeigt, dass es das Absenken eines grossen Kontinentes war, der Kleinasien mit der Balkanhalbinsel verband und an der Stelle des heutigen Ägeïschen Meeres lag. Stufenweise ging diese Ägea unter das Meeresniveau und gestattete ein allmähliches Vordringen des Mittelmeeres gegen das Pontusbecken. Verf. glaubt, dass es nicht geotektonische Prozesse waren, welche die heutigen Meerengen des Bosporus und der Dardanellen geschaffen haben; ihm scheint es plausibel, dass diese alte Flussbetten waren', durch welche die Gewässer vom Ägeïschen Kontinente in einen See, der an der Stelle des Marmarameeres lag, und aus demselben durch den Bosporus in den Pontussee flossen, dessen Spiegel nach den Ablagerungen der pontischen Stufe mehrere Male unter dem gegenwärtigen Niveau des Schwarzen Meeres gelegen hat.

Die letzten Reste des Ägeïschen Dammes, welcher das Pontusbecken vom Mittelmeergebiete seit der sarmatischen Epoche trennte, gingen sehr spät zur Tiefe, das Eindringen der mittelländischen Gewässer in die alten Flussbetten gestattend. Dass dieses, Ereignis sehr spät stattgefunden hat, beweist schon die Thatsache des Vorkommens subfossiler Schalen am Boden des Schwarzen Meeres und ihr spezifischer Charakter. Die vollständige Abwesenheit des marinen Pliocäns an den Ufern des Nordägeïschen, des Marmara- und des Schwarzen Meeres weist darauf hin, dass das Ereignis nicht während der Pliocänzeit, sondern nur in der Quartärzeit eingetreten ist Es giebt einige Gründe, anzunehmen, dass das Pontusbecken noch einige Zeit während der Quartärzeit als ein abgeschlossener See dastand, doch musste dasselbe nach Ansicht von Andrussow noch vor dem Ende der Glazialepoche mit dem Mittelmeere in Zusammenhang getreten sein. Schon oftmals betonten verschiedene Zoologen (Marcusen, Grebnitzky) das Vorkommen nordischer Elemente im Schwarzen Meere. Freilich stützen sie sich auf das Vorkommen kleiner Formen (Cumaceen, Lucernaria, Protohydrat u. s. w), die im Mittelmeere nur übersehen, später jedoch teilweise dort wirklich aufgefunden wurden. Jedenfalls bleibt im Bestande der euxinischer Fauna immer eine nordische Form, die im Mittelmeere fehlt — das ist das Meerschwein, Phocaena communis. Das Vorkommen desselben im Schwarzen Meere kann man nach Andrussow nur dadurch erklären, dass dieses mit dem Mittelmeere schon damals in Verbindung trat, als im letzteren noch gewisse nordische Arten verweilten, d. h. noch während der Glazialzeit.

Sobald beide Becken in Verbindung traten, war die erste Folge dieser Erscheinung das Eindringen der salzigen Mittelmeerwasser in das pontische Becken. In den Meerengen entstand sogleich jener Stromwechsel, welchen wir noch heute in den Dardanellen und im Bosporus sehen. In beiden existieren nämlich 2 Ströme, ein oberflächlicher, welcher sich gegen das Mittelmeer bewegt, und ein unterer Strom, der dem Pontus zufliesst. Diese Strömungen sind entstanden, um den schroffen Gegensatz auszugleichen, welcher zwischen den Dichten der mittelländischen und der pontischen Gewässer sich ergab. Wäre diese Ungleichheit ausgeglichen,

---

[1]) M. Neumayr. Über den geologischen Bau der Insel Cos, Denkschr. d. Akad. d. Wiss. M. n. Bd. 40. - Zur Geschichte des östlichen Mittelmeerbeckens. Berl 1882. Erdgeschichte 2.

so würden diese Strömungen lange schon aufgehört haben. Jedoch die beiden Gebiete, das mittelländische und das pontische, sind vom klimatischen Standpunkte sehr ungleich. Das Schwarze Meer bekommt einen grösseren Zufluss Süsswassers, und die Verdampfung ist in demselben geringer, als im Mittelmeere. Deshalb wird das Gleichgewicht nie erreicht, und die Strömungen werden fortdauern. Durch die von der unteren Strömung zugeführten salzigen Gewässer wurde allmählich jene verhältnismässige Gleichmässigkeit der spezifischen Gewichte vernichtet, die den brackischen Pontussee charakterisierte; in den Tiefen des entstandenen Schwarzen Meeres bildete sich eine immer dicker werdende Schicht salzigen Wassers, bis es endlich zum heutigen Zustande gekommen ist Wir sehen nämlich im Schwarzen Meere am Boden eine dicke Wasserschicht (etwa 1000 Faden mächtig), welche eine Salinität von 2.1 % bis 2.5 % aufweist, während die obere, bloss 100 Faden mächtige, einen rasch gegen die Oberfläche abnehmenden Salzgehalt von 2 % bis 1.7 % und noch weniger besitzt.

Es ist selbstverständlich eine geraume Zeit verflossen, bis die Tiefengewässer ihren heutigen Salzgehalt bekommen haben. Jetzt fliesst durch den Bosporus in das Schwarze Meer jährlich eine Masse von ca. 178 *ckm* (nach Makcroff), was etwa $^1/_{2000}$ des Volums des Schwarzen Meeres ausmacht. Es wären also ca. 2000 Jahre notwendig, um das leere Pontusbecken mit dem Mittelmeerwasser zu füllen; da aber der Salzgehalt der Tiefen nur etwa der Hälfte des mittelländischen gleicht, so war viel weniger Zeit nötig, um den Salzgehalt des Pontussees, welcher auch ursprünglich nicht ganz klein war, bis zu diesem Betrage zu erhöhen.

Die Bildung der unteren salzigeren Schicht hat aber eine gewichtige Folge mit sich gebracht: eine Beschränkung der Vertikalzirkulation auf die dünne obere Schicht und die Stagnation der Tiefen Während früher die Differenz des Salzgehaltes so gering war, dass die Abkühlung oder Verdampfung der Oberfläche tiefgehende konvektive Strömungen verursachten, hat jetzt die untere Schicht viel grösseres spezifisches Gewicht erhalten, so dass niedersteigende kühlere oder durch Verdunstung salzig gewordene Wasserpartien bald in ihrer Bewegung aufhören.

Diese Erscheinung bedingt ohne Zweifel jene merkwürdige Temperaturverteilung, welche wir gegenwärtig im Schwarzen Meere beobachten, d. h. das Vorhandensein einer kalten Wasserschicht zwischen zwei wärmeren.

Die nächste Folge dieser beschränkten Zirkulation war die mangelhafte Ventilation der Tiefen; die atmosphärischen Gase konnten jetzt nicht mehr in die Tiefe mit niedersteigenden Strömungen gelangen, sondern nur durch die langsame Diffusion. Im Falle irgendwelchen lebhaften Verbrauches des Sauerstoffes mussten die Tiefen des Schwarzen Meeres sehr sauerstoffarm werden, und da das Ersetzen des Verlustes nur langsam vor sich gehen konnte, so mussten die Bedingungen für das Leben hier ungünstig werden.

Die weitere Folge des Eindringens der mittelländischen Gewässer war nach Andrussow teilweise die Vernichtung, teilweise die Verdrängung der Brackwasserbevölkerung des Pontussees. Vernichtend war es für die Tiefseebewohner, weil sie, gewöhnt an die besondere Lebensbedingung der Tiefen, nicht zu fliehen vermochten und ausstarben. In Seichtwasser konnten die passiven Organismen dem Salzwasser nicht weichen und unterlagen, die aktiven aber flohen in die Flussmündungen, wo die dem früheren Pontussee ähnlichen Verhältnisse bis jetzt sich erhalten haben, und wo wir folglich die Reste der pliocänen und postpliocänen Fauna und Flora des Pontus finden.

Während aber die früheren Bewohner des Pontus wichen oder zu Grunde gingen, kam mit dem Salzwasser die neue, marine Bevölkerung aus dem Mittelmeere hinein. Aber nur ein verhältnismässig geringer Anteil der mediterraneen Formen konnte ins Schwarze Meer eindringen.

Zuerst ist der Bosporus eng und nicht tief; es konnten also nur littorale und Seichtwasserformen eindringen.

Dann sind die Strömungen im Bosporus ziemlich stark, es ist also eine aktive Einwanderung nur für kräftige Tiere und für solche, welche gerne in Brandung leben. möglich.

Sonach bildete die passive Einführung der Larven, resp. der schwimmenden Organismen durch die untere Strömung das Hauptmittel der Immigration; zur Entwickelung kommen aber nicht alle. Es war und bleibt das oberflächliche Wasser im Pontus doch eine Art Brackwasser; die thermischen Verhältnisse sind rauher als im Mittelmeere, besonders in einer Tiefe von 25 bis 50 Faden; deshalb waren es bloss Formen, welche an einen beträchtlichen Wechsel der Temperatur und des Salzgehaltes gewöhnt sind, sowie auch Brackwasserformen, die im Schwarzen Meere ein neues Heim gefunden haben.

Die Umgegend des Bosporus war die erste (und bleibt es auch jetzt) Station für die Immigration. Der Salzgehalt am Boden ist viel höher, infolge dessen weist die Tierwelt in der Nähe vom Bosporus einen grösseren Reichtum auf, als es im übrigen Schwarzen Meere der Fall ist. Einige Formen konnten von hier keine weitere Verbreitung finden, die anderen verbreiteten sich rund um das Schwarze Meer, aktiv längs den Küsten und passiv mit den Strömungen (Larven und planktonische Organismen).

Zu gleicher Zeit hat auch eine Bewegung gegen die Tiefe angefangen. Die schlammige Beschaffenheit des Bodens, die schon erwähnte Tiefe des Bosporus, die ziemlich rauhen klimatischen Verhältnisse (in den Tiefen von 30 bis 100 Faden nur 8° bis 6° C. das ganze Jahr hindurch) erklären aber die verhältnismässige Armut der Schlammregion von 30 bis 100 Faden.

Die Ansiedelung der Tiere in grösseren Tiefen als 100 Faden war aber unmöglich, da die Tiefseeorganismen nicht durch den Bosporus einwandern konnten. Ursprünglich sind also die Tiefen des Schwarzen Meeres unbelebt gewesen.

Wären aber die Existenzbedingungen in den Tiefen günstig, so könnten mit der Zeit aus den Bewohnern des Modiolaschlammes sich an die Tiefsee angepasste Organismen entwickeln, jedoch haben wir gesehen, dass die Versorgung der Tiefen mit Sauerstoff sehr mangelhaft geworden ist. Schon dieser Umstand genügte, um das Eindringen der Tiere in die Tiefen zu erschweren, dazu aber gesellte sich noch eine weitere wichtige Erscheinung. Durch den Tod grosser Massen Brackwassertiere in den Tiefen wurde ein grosser Vorrat der Verwesung unterliegender organischer Substanzen geschaffen. Durch die Fäulnis leicht zerstörender Substanzen entstanden die für das Leben schädlichen Produkte darunter Ammoniak, Kohlensäure und Schwefelwasserstoff.

Ursprünglich war der Sauerstoffvorrat in den Tiefen noch gross, so dass der entstehende Schwefelwasserstoff sich sogleich oxydierte und zerstört wurde. Dadurch aber wurde der vorhandene Sauerstoffvorrat bald verbraucht, und da er nur langsam, wegen der angedeuteten mangelhaften Zufuhr, ersetzt werden konnte, so blieb in den tieferen Wasserschichten immer ein Überschuss des unzerstörten Schwefelwasserstoffes der allmählich immer und immer nach oben diffundierte, bis zur Grenze, wo der Zufluss des Sauerstoffes von oben und des Schwefelwasserstoffes von unten einander Gleichgewicht halten konnten Endlich aber müsste der aus Leichen der Brackwassertiere entstandene Vorrat an organischen Substanzen erschöpft werden, damit die Bedingungen für die Bildung von H_2S verschwinden, und das Leben sich in den Tiefen entwickelte.

Wir sehen aber, dass H_2S noch bis jetzt in den Tiefen des Schwarzen Meeres vorwaltet Wir sind also genötigt, entweder anzunehmen, dass seitdem, als das pontische mit dem Mittelmeere in Zusammenhang trat, noch so wenig Zeit verfloss, dass die beschriebenen Prozesse noch nicht ihr Ende gefunden haben, oder wir müssen irgend welche andere Quellen

der verwesenden organischen Substanzen suchen. Solche Quellen weist Andrussow in der That auf.

„Erstens bringen die Flüsse viel vegetabilischen Detritus ins Meer, der auch in die grossen Tiefen gelangen kann, dann spülen die Wellen und Strömungen mit dem Schlamme verschiedene kleine Organismen von kleineren Tiefen in die grösseren ab. Weiter fallen auf die Meeresoberfläche die vom Winde weggeblasenen Koniferenpollen, die mit dem Meerwasser durchtränkt zu Boden sinken und sich mit dem Schlamme mischen. Endlich — und das ist die Hauptquelle — existiert im Schwarzen Meere ein quantitativ reiches Plankton. Dasselbe besteht aus Diatomeen, Peridiniden, Noktiluken, Tintinnoiden, kleinen Ctenophoren, Aurelien, Appendikularien, Copepoden, Sagitten etc. und reicht nur bis zu 100 Faden Tiefe. Bei dem Absterben oder mit den Exkrementen fallen Reste pelagischer Organismen zu Boden, in der That fängt man nach Ostroumoff unter 100 Faden nur tote Coscinodiscus und andere Diatomeen, sowie chitinöse Teile der Copepoden.

Auf diese Weise sammelte sich im Schlamme immer ein neuer Vorrat organischer Substanzen, und indem der alte Vorrat sich allmählich erschöpfte, wurde er durch diese neuen Stoffe ersetzt.

Diese theoretischen Betrachtungen bestätigen sich durch die Untersuchung des Schlammes. Wir finden darin zahlreiche organische Reste. Dieselben gehören grösstenteils pelagischen Organismen an.

Endlich findet man kleine Äste von Pflanzen in geringeren Tiefen und Koniferenpollen überall. Im Ozeane dienen die organischen Beimengungen des Schlammes meistens gewissen Tiefseetieren als Nahrung. Im Schwarzen Meere sind die Tiefen gleich vom Anfange unbelebt geworden, die Konsumenten also fehlten und fehlen bis jetzt Deshalb unterliegen auch die in der Rede stehenden organischen Substanzen in der Totalmasse der Fäulnis, so dass die oben geschilderten Prozesse der Schwefelwasserstoffbildung auch bis jetzt fortdauern."

Andrussow bemerkt noch, dass die Prozesse, welche zur Schwefelwasserstoffbildung führen, in allen Ozeanen und Meeren von statten gehen, und auch eine nicht unbedeutende Rolle in der Ökonomie der Meere spielen. Nur würden sie selten auffallend, denn ausser dem Schwarzen Meere kenne man nur ein paar Fälle, wo im Meerwasser H_2S beobachtet wurde Das Vorhandensein des Schwefelwasserstoffes im Ozeanwasser wurde in der Beobachtung zugänglichen Quantitäten nie konstatiert. Indessen bei den Küsten und in den Flussmündungen beobachtete man in verschiedenen Fällen die Anwesenheit dieses Gases. Lewy fand den Schwefelwasserstoff in geringen, aber ziemlich konstanten Mengen im Meerwasser an den Küsten Frankreichs (Calvados). Er konstatierte, dass in den von der Ebbe gelassenen Pfützen der Gehalt dieses Gases während der Ebbezeit zunimmt, insbesondere wenn die Pfützen eine fast ausschliesslich animalische Bevölkerung besitzen.

In viel bedeutenderen Mengen scheint der Schwefelwasserstoff in den Mündungen einiger Flüsse der Westküste Afrikas, in der Mündung des Laplata und vielleicht des gelben Flusses sich vorzufinden. Auch kommt derselbe in einigen übersättigten Becken vor, z. B. im Golfe von Mertwij Kultuk des Kaspischen Meeres und im Toten Meere. Die Ursache der Bildung dieses Gases im Meerwasser sehen fast alle Forscher in der Reaktion zwischen den sich zersetzenden organischen Substanzen mit den Sulfaten des Meerwassers. So schreibt Daniell das Vorhandensein des H_2S in den Mündungen der afrikanischen Flüsse dem Reichtume an faulenden vegetabilischen Resten zu, welche von den Flüssen ins Meer gebracht werden, und deren Wirkung auf die Sulfate des Meerwassers. Lewy sagt: „Animalische Stoffe wirken auf alkalische Sulfate, welche im Meerwasser gelöst sind, und führen sie in den Zustand der Sulfide über; die letzteren werden ihrerseits durch Kohlensäure zersetzt, und der

Schwefelwasserstoff löst sich ab." Ähnliche Erklärungen geben Forchhammer, Gmelin, Murray, Lebedintzeff und andere.

Über Meeresströmungen bemerkt G. Schott folgendes[1]). „Wenn man eine der gangbaren Übersichtskarten der Ozeane betrachtet, so fallen am ersten und meisten die dargestellten Meeresströmungen in die Augen. Diese Wasserbewegungen der Meeresoberfläche sind in vieler Hinsicht die noch am meisten bekannten und gekannten Phänomene der See, und doch werden mit wenigen Naturerscheinungen vielfach solche irrige Vorstellungen verknüpft, wie eben mit den Meeresströmungen.

Wenn schon die kartographische Darstellung der Windverhältnisse der Erde immer nur ein der Wirklichkeit angenähertes Bild geben kann, so gilt dies in ungleich höherem Grade von den Strömungskarten. Nach mehrfachen Studien über den Gegenstand und auf Grund auch der ausgeführten Seereisen benutze ich die Gelegenheit, darauf hinzuweisen, dass zunächst einmal die Stetigkeit und Beständigkeit der Strömungen, welche man nach den Kartenbildern so leicht annimmt, eine nur sehr geringe ist, und man selbst innerhalb der stärksten Strömungen nie vor anders gerichteten Versetzungen sicher ist. Es ist im ganzen kein glücklicher Vergleich, wenn man die Meeresströmungen ungefähr als „Flüsse im Meere" mit denen des Festlandes zusammenstellt, wenigstens erweckt dies leicht falsche Vorstellungen. Ein dem Gefälle entsprechendes Moment fehlt gänzlich, die Ufer fehlen auch, so dass die Erdrotation einen beträchtlichen Einfluss zu äussern vermag; endlich scheint der ganze Transport der Wassermassen so vor sich zu gehen, dass in den Meeresströmungen während kürzerer oder längerer Perioden eine vielleicht schnelle Bewegung stattfindet, welche von einer Verlangsamung der Bewegung oder auch einer vollkommenen Stauung derselben gefolgt ist. Die wechselnden Winde üben, wofür tausendfache Beweise vorliegen, einen ausserordentlichen Einfluss selbst auf die stärksten unserer Meeresströmungen aus.

Sämtliche Darstellungen sind und können nichts weiter sein als Schemata, die nur sehr, sehr angenähert das geben, was wohl im Durchschnitte beobachtet worden ist. Also vor allem: man mache sich frei von der Vorstellung der Kontinuität dieser Wasserbewegungen.

Sodann mag als wichtig folgendes hervorgehoben werden. Je mehr man sich mit dem vorliegenden Gegenstande beschäftigt, desto mehr erhält man den allgemeinen Eindruck, dass diese Meeresströmungen recht unbedeutende Glieder der grossen, gesamten ozeanischen Zirkulation darstellen. Es folgt dies zum Teile eben aus ihrer Unregelmässigkeit und Unzuverlässigkeit. Das, was man schlechthin Meeresströmung nennt, ist beherrscht und verursacht durch die Zu-

---

[1]) Verhandlungen d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1892. 20. Nr. 1. p. 63.

stände in der Atmosphäre und erleidet mit letzteren Veränderungen, Verschiebungen.

Tiefere Einblicke in den eigentlichen Wasseraustausch der Ozeane können wir uns nur durch die Tiefseeforschung verschaffen, gerade wie man, in den letzten Jahren in immer steigendem Masse, zur Aufklärung der Vorgänge im Luftmeere die Bewegungen in den oberen und obersten Schichten der Atmosphäre zu entschleiern sucht.

Wie es so manchmal der Fall ist, verliert also das, was durch die äusserlichen Vorgänge die Aufmerksamkeit am meisten auf sich zieht, bei näherem Zusehen nicht unwesentlich an prinzipieller Wichtigkeit und wissenschaftlicher Bedeutsamkeit. Von praktischem Werte aber werden die Strömungen der Meeresoberfläche immer bleiben, nämlich für die Seeschiffahrt. Deshalb mögen aus den praktischen Erfahrungen noch einige Ergebnisse, welche bemerkenswert erscheinen, hier angefügt werden.

Die im Nord- und Südatlantischen Ozeane auf der Hin- und Rückreise ermittelten Stromversetzungen deckten sich meist gut mit dem, was man daselbst nach den gewöhnlichen Darlegungen erwarten durfte. Ich verfehle nun nicht, auf die Gegenden südlich und östlich vom Kap der Guten Hoffnung aufmerksam zu machen.

Es erscheint mir mehr als wahrscheinlich, dass hier zwischen 20° und 50° östl. L., also im Indischen Ozeane, nicht bloss eine östlich setzende Trift im Zuge der stürmischen Westwinde vorliegt, sondern ausserdem und eigentlich vorherrschend ein kalter, vom Südpole kommender Strom. Dafür sprechen die zum Teile ganz abnorm niedrigen Temperaturen, der geringe Salzgehalt des Seewassers und die hoch nördlichen Versetzungen, und endlich und ganz besonders die Triften von Eisbergen, welche hier oft den Kurs der Indienfahrer kreuzen auf Breiten, die derjenigen Neapels entsprechen. Die scharfen Gegensätze im Meere, welche auf kurze Entfernungen hin auftreten, sind im westlichen Teile auf den tropisch warmen Agulhasstrom zurückzuführen, weiter im Osten nördlich der Kerguelen auf eine gleichfalls warme Strömung, welche von Madagaskar herab südlich zieht und sich zwar weniger durch die absolute Höhe ihrer Temperatur als vielmehr durch eine sehr grosse Ausbreitung ihres Wassers auszeichnet, so dass hier unter diesen Längen Eisberge ganz fehlen.

Der Madagaskarstrom dürfte gegenüber dem Agulhasstrome eine ähnliche Rolle spielen wie der Antillenstrom gegenüber dem Florida- oder Golfstrome. Es scheint überhaupt, als ob allen intensiven, räumlich aber eingeengten Meeresströmungen eine zweite, schwächere, aber räumlich ungleich ausgedehntere Strömung, welche luvwärts zum Passate liegt, sekundiert, welche durch ihren Wärmevorrat klimatisch von besonderer Wichtigkeit wird. Will man die neueren Untersuchungen im Grossen Ozeane gelten lassen, so hat man auch bei dem Kuro-shiwo dieselbe Erscheinung. Dies wären also geographische Homologien von vorzüglicher Ausbildung.

Über die eben genannte bedeutendste Meeresströmung des Grossen Ozeans, den Kuro-shiwo, welchen ich an verschiedenen Stellen durchquerte, möge die Notiz hier gestattet sein, dass wohl alle Karten ihn auf seinem Laufe zwischen der Insel Formosa und Japan zu weit östlich verzeichnen; er läuft vielmehr in seiner Gesamtheit westlich der Lu-Chu-Inseln. Seine linke Kante, die sich dem asiatischen Festlande zuwendet, ist äusserst scharf, wie mit einem Messer abgeschnitten gegen den kalten chinesischen Küstenstrom, seine Ostkante in derselben Weise wie diejenige des Golfstromes undeutlich und verwischt: entschieden eine Wirkung der Erdrotation. Wir haben ja auf der südlichen Halbkugel im Bereiche des Agulhasstromes die umgekehrte Erscheinung: da ist die linke Kante diejenige, auf welcher das Wasser beständig aus dem Strome abkurvt, so dass wir die theoretisch notwendige Ablenkung nach links vorfinden."

Die Entstehung und Verbreitung des antarktischen Treibeises ist von Dr. K. Fricker untersucht worden[1]). Verf. weist zunächst auf den Unterschied zwischen Arktis und Antarktis hin. Beide Teile seien in vielen Hinsichten Widerspiele, vor allem in bezug auf die Verteilung von Land und Wasser in ihren eigenen und den angrenzenden Regionen, wodurch wieder alle anderen Unterschiede bedingt werden. Die Arktis zeige ein fast auf allen Seiten von Land umgrenztes Binnenmeer, um das sich, was vor allem bemerkenswert ist, die breitesten Kontinentalmassen der Erde zusammendrängen, so dass ungefähr 77 — 78 % des gesamten nördlichen Polarkreises auf Land entfallen; nur durch vier oder fünf mehr oder weniger enge Pforten stehe dieses interkontinentale Mittelmeer mit den beiden grossen, sich vorwiegend meridional erstreckenden Ozeanen in Verbindung, von diesen Verbindungswegen des nördlichen Eismeeres mit den Ozeanen hätten aber nur zwei eine grössere Bedeutung für die Abfuhr des festen und Zufuhr des flüssigen Wassers, die breiten Öffnungen zwischen Europa und Grönland und die Davisstrasse. Ausserordentlich viel günstiger lägen dagegen die Verhältnisse im arktischen Eismeere für die massenhafte Bildung schweren Seeeises. Seine fast allseitige Abgeschlossenheit und geringe Tiefe hindere die Entstehung einer kräftigen, die Eisdecke zerbrechenden Dünung, wie sie die grossen offenen Ozeane besitzen, die gewaltigen, umliegenden Kontinente aber erzeugen im Winter eine alles in die Fesseln des Eises schlagende Kälte. Die Bildung und Erhaltung der Eisdecke werde dabei vielfach noch durch die Abschliessung der einzelnen Meeresteile durch Halbinseln und Inseln unterstützt, in deren Schutze das Meer stellen-

---

[1]) Die Entstehung und Verbreitung des antarktischen Treibeises. Ein Beitrag zur Geographie der Südpolargebiete von Dr. K. Fricker. Mit 1 Karte. 208 Seiten. Leipzig 1893. Rossberg'sche Hofbuchhandlung.

weise wohl jahrelang ungebrochen bleibe, oder die wenigstens das Abtreiben des Eises erschweren.

Ganz das Gegenteil der Verhältnisse der Arktis zeige die Antarktis. Anstatt eines rings von Kontinenten eingeschlossenen Beckens finde man hier eine selbst im günstigsten Falle relativ geringe Landmasse inmitten der ausgedehntesten Ozeane der Erde. Habe das nördliche Eismeer noch an mehreren Stellen Verbindung mit den offenen Ozeanen, so sei der antarktische Kontinent oder Archipel selbst bei seiner grössten Annäherung an eine grössere Landmasse immer noch 6—7 Breitengrade von ihr entfernt, wobei auch noch die beiderseits vorgelagerten Inseln eingerechnet sind; diese grössere Landmasse ist überdies nur das schmale Südende des amerikanischen Doppelkontinentes. Die Verteilung von Wasser und Land auf der Südhalbkugel lasse für die gesamte Antarktis ein in hohem Grade ozeanisches Klima erwarten, und dies gelte auch für den etwa vorhandenen Kontinent, wenn auch vermutlich nicht in dem ausserordentlichen Masse, als man bisher anzunehmen pflegte, und in ganz besonderer Weise.

Dieselbe Ursache, die in der Antarktis die ausserordentliche Häufigkeit der Eisberge bewirkt, sei einer kräftigen Bildung von Meereis wenigstens in dem Masse, wie sie im nördlichen Eismeere stattfindet, entschieden hinderlich. Das Offenliegen den weiten Flächen der Ozeane gegenüber lasse die mächtigen Dünungen ihren zerstörenden Einfluss auf die Eisdecke viel stärker ausüben, als dies im Norden möglich ist, und die Stürme selbst verhinderten in höheren Breiten, zu denen die Dünung der Ozeane nicht mehr oder nur schwach hindringt, die Bildung eines zusammenhängenden Eismantels von der Dicke des arktischen. Man werde also beim antarktischen Treibeise eine viel stärkere Beteiligung des Gletschereises zu erwarten haben als beim arktischen.

Verf. unternimmt dann, den Stand der Vergletscherung der bis jetzt bekannten Landgebiete der Antarktis auf Grund des allerdings dürftigen Materiales zu bestimmen. Hierauf werden die klimatischen und darunter vorzugsweise die Niederschlagsverhältnisse betrachtet und zuletzt die Meeresströmungen. Im ganzen ist, wie der Verf. selbst zugesteht, unsere desfallsige Kenntnis der antarktischen Verhältnisse freilich äusserst gering und unsicher. Zu den Gletschergebilden der Antarktis übergehend, bemerkt Verf., dass dort vor allem 2 Gletscherformen, und zwar gerade die wichtigsten, auftreten, nämlich Gletscher mit individuellem Gepräge, also wenigstens äusserlich von annähernd alpinem Habitus, und das Inlandeis. „Von beiden scheinen aber die ersten eine verhältnismässig geringere Rolle zu spielen, da sie nur in den Gebieten beobachtet werden, in denen besonders bedeutende Erhebung und mannigfaltiger Oberflächenbau des Landes die Bildung des Inlandeises verhindern. Sie finden sich daher einmal auf den Südshetland- und Südorkneyinseln, im Südosten des Louis-Philippslandes in der Gegend des Mt. Haddington, und end-

lich an der Ostküste des Viktorialandes, sowie auf den Ballenyinseln. Dagegen umgürten die endlosen senkrechten Mauern des Inlandeises nahezu alle übrigen näher gesehenen Gebiete, die Nordküste des Louis-Philippslandes, sowie dessen Südküste, das Grahamsland, die einzelnen Gebiete des Enderbylandes, das Wilkesland, die Nordküste des Viktorialandes und die Südküste des Rossmeeres, endlich auch sehr wahrscheinlich das von Cook in ca. 71° südl. Br., 105° westl. L. gesehene Land.

Über die äussere und innere Beschaffenheit beider Gletscherformen lässt sich aus ihnen selbst wenig, fast nichts sagen. Über den inneren Bau gestatten zwar die Angaben, über die so häufig in grosser Nähe gesehenen Eisberge Schlüsse zu ziehen, für die Gesamterscheinung können wir aber nur auf das zurückgehen, was man aus meist sehr beträchtlicher Entfernung erkundet hat. Betreten hat bis jetzt noch kein menschlicher Fuss das Inlandeis oder einen Gletscher, es müsste denn auf den Südshetlandinseln oder in den ihnen benachbarten Ländern gewesen sein; berichtet wird aber darüber nichts.

„Bei den Gletschern vom alpinen Habitus, um den Ausdruck der Kürze halber anzuwenden, fällt, da wir sonst nichts von ihnen wissen, vor allem ihre enorme Ausdehnung auf. Die Breite des Rossgletschers auf Südgeorgien, die oben als sehr bedeutend erwähnt wurde und mit ihrer Ausdehnung von 4100 *m* am unteren Ende alle Gletscher der Alpen weit übertrifft, ist noch klein gegenüber den Dimensionen der antarktischen Gletscher im engeren Sinne. Soviel aus den Schilderungen hervorgeht — und auch die besten von ihnen sind ihrer Zeit entsprechend von einer bedauerlichen Unbeholfenheit — müssen diese Gletscher mit ihrer riesigen Ausdehnung eigentümliche Sammeltypen darstellen von sämtlichen für gewöhnlich unterschiedenen Gletscherformen. Dies gilt besonders von den Vorkommnissen an der Ostküste des Viktorialandes, denn Ross spricht bestimmt von einzelnen Gletschern, welche die Thäler zwischen den 2000—3000 *m* hohen Bergketten und Gipfeln erfüllen, und deren Zungen mehrere Seemeilen weit in die offene See hinausragen; dabei bemerkt er ebenso ausdrücklich, dass das ganze Land vollkommen mit Schnee bedeckt war, so dass nur an ganz seltenen Stellen der nackte Fels sichtbar wurde. Da diese allgemeine Schneebedeckung aber auch überall sonst in der Antarktis die Regel ist, so hat man es hierbei nicht mit einer zufälligen, sondern mit einer andauernden Erscheinung zu thun, und in diesem Falle kann eine Firnbildung nicht ausbleiben. Für Inlandeis und für Gletscher von skandinavischem Typus wird demnach der feste Untergrund zu mannigfaltig, für deutlich getrennte Firn- und Gletscherbildungen im Sinne der alpinen der Niederschlag zu gross und die Eisbildung zu langsam sein. Auf diese neben den grossen Gletschern vorhandene allgemeine Firnbekleidung ist wahrscheinlich auch der Eisgürtel zurückzuführen, der hier im Viktorialande, überall, wo nicht die grossen Gletscher ins Meer treten, die Küste umgiebt. Man könnte ja an Feldeis oder an den Eisfuss denken, was aber angesichts des sehr kräftigen Gezeitenstromes (nur mit äusserster Mühe konnten die von Ross abgesandten Boote dagegen aufkommen) kaum berechtigt scheint, zumal Ross auch von heftiger Brandung spricht; beiden Gewalten müsste ein doch niemals so fest am Lande haftender Meereisgürtel rasch zum Opfer fallen. Südlich von 73° südl. Br. kam Ross der Küste nicht mehr nahe genug, um Einzelheiten deutlich zu erkennen, und westlich vom Kap North ging die Vergletscherung rasch in Inlandeis über. Ausgesprochen individuelle Gletscher scheint weiter, wie bemerkt, auch noch

die Gegend im Osten und Norden vom Mt. Haddington (Louis-Philippsland) zu haben, wenigstens nennt Ross hier die Küste frei von Eis mit Ausnahme von ein oder zwei Stellen, wo Gletscher „filled the valleys and projected into the sea". Auch die Schneebedeckung ist hier nicht so allgemein wie an der Nordküste und auf der Joinvilleinsel, deren Vergletscherung sich dem norwegischen Typus zu nähern scheint. Dagegen zeigt die Küste im Süden vom Mt. Haddington wieder durchaus eine ununterbrochene, wenn auch in vertikalem Sinne nicht beträchtliche Firn- und Eisbedeckung, die überall am Ufer eine senkrechte Mauer bildet, deren Höhe über Wasser freilich nur zwischen 20 und 50 F. (6.6 — 16.4 *m*) schwankt. Die Joinvilleinsel besitzt an ihrer Ostküste einen mehrere Seemeilen breiten Gletscher, dessen Ende über Wasser eine Höhe von gegen 100 F. (ca. 30 *m*) hat, „the great southern barrier in miniature," wie Ross sagt.

Über die äussere Beschaffenheit der Gletscher auf den Südshetland- und Südorkneyinseln lässt sich nichts anführen. die Berichte, selbst die von Dumont d'Urville, geben darüber gar nichts näheres an.

Dasselbe gilt auch für das nur aus seinen Endmauern bekannte Inlandeis. Was bei ihm besonders auffällt und für die Untersuchung des inneren Baues wichtig ist, das ist die annähernd gleichmässige Höhe über Wasser aller der Eismauern, von denen überhaupt genauere Messungen vorliegen. Die grosse Eismauer sensu stricto im Osten der Vulkane Erebus und Terror zeigte von ihrem Beginne bis zu einer Entfernung von 250 Seemeilen (ca. 460 *km*) davon eine Höhe, die zwischen den Grenzen 150 und 200 F. (ca 46 — 61 *m*) schwankte; noch weiter im Osten wurde sie allerdings beträchtlich niedriger, indem sie in ca. 78° 11′ südl. Br., 161° 27′ westl. L. nur noch 107 F. (33 *m*), und 10 Seemeilen östlicher gar nur noch 80 F. (24 *m*) mass. Direkt am Fusse der Vulkanberge war sie höher, 200 — 300 F. (61 — 91 *m*) hoch, was vielleicht auf ein Aufruhen des Eises auf dem Grunde hindeutet; auch die 200 — 500 F. (61 — 152 *m*) hohe Eismauer der Nordküste des Viktorialandes scheint in dieser Lage zu sein. wenigstens zum Teile, da ganz dicht bei ihr Ross lange Reihen von gestrandeten Eisbergen liegen sah. Wilkes beobachtete die Eismauer zuerst in 66° 12′ südl. Br., 137° 2′ östl. L., um sie von da an fast immer im Gesicht zu behalten, wenigstens bis 64° 57′ südl. Br., 112° 16′ östl. L. Er giebt ihre Höhe als anfangs 150 — 200 F. (46 — 61 *m*) betragend an, später nennt er sie 150 F. hoch; d'Urville, der sie nur auf der kurzen Strecke von etwa 142° — 131° östl. L. sah, erklärt sie für 100 — 150 P. F. (32 - 49 *m*) hoch, während sie von seinen Begleitern als ca. 150 P. F. (ca. 50 *m*) und 30 — 31 *m* hoch angegeben wird. Die Eismauer, die Biscoe im Westen des Enderbylandes unter 66° 2′ südl Br., 53° 54′ östl L. fand, schätzte er so hoch wie das North-Foreland, d h 30 — 35 *m*; dieselbe Höhe könnte auch die von Cook in 67° 15′ südl. Br., 39° 35′ östl. L. gesehene Eismauer gehabt haben, und ebenso die von ihm in 107° westl. L., 71° südl. Br. erblickte. Über die Höhe der Eismauer des Louis-Philippslandes wird ausser dem vorhin nach Ross angeführten nichts angegeben; ziemlich niedrig sind endlich die Eismauern an der Küste des Grahamslandes, die nur 3 — 3.7 *m* Höhe erreichen.

Über die sonstige Erscheinung der Eismauern ist nur wenig mitzuteilen. Die grosse Eismauer im Süden des Rossmeeres hatte, soweit Ross sie verfolgen konnte, nur im Osten ein anderes Aussehen als im übrigen, sehr einförmigen Verlaufe. Hier fand sich einmal, in 78° 10′ südl. Br., 169° 20′ westl. L. der erste tiefere Einschnitt, wobei zugleich die Höhe sich verminderte, dann aber änderte sich ihr Aussehen ganz besonders in der Gegend, wo sie Ross bei seiner zweiten Reise aufsuchte, in 78° 11′ südl. Br., 161° 27′ westl. L. Hier befand sich nicht nur eine 8 — 9 Seemeilen tiefe Bucht im Eisrande, sondern dieser, wie eben angeführt, nur noch 24 — 33 *m* hoch, zeigte sehr bewegte Umrisse, war vielfach eingebrochen und gezackt.

Viel auffälliger und bemerkenswerter ist indessen die Erscheinung, die das Inlandeis des Adèlielandes nach d'Urville's Schilderung darbietet. Hier sind es die tiefen Risse, die, wohl von Schmelzwasserbächen herrührend, die Oberfläche des Eises zerklüften und, etwas weiter nach Westen, in der Bai des Ravines das Auftreten gewaltiger Spalten im Eise, die höchstwahrscheinlich mit der Bewegung über ungleichförmigen Untergrund zusammenhängen."

Moränenbildung ist bei den antarktischen Gletschern noch nicht beobachtet worden.

Was die Auflösung der Gletscher und des Inlandeises der Antarktis anbetrifft, so ist zweifellos die Abstossung des Eises in Gestalt von Eisbergen die wichtigste.

„Der grösste vom Challenger gesehene Eisberg hatte eine Länge von 3 Seemeilen, und in seiner Nähe befanden sich noch mehrere nahezu ebenso grosse; überhaupt scheint die Länge von 3 Seemeilen nicht allzu selten zu sein, Wilkes erwähnt sie wenigstens als öfters vorkommend. Noch grössere Eisberge beobachtete Ross in 70° 30' südl. Br., 173° 10' westl. L., wo einer nahezu 4 Seemeilen im Durchmesser hatte, und bei der Cockburninsel (Louis-Philippsland) einen von 4—5 Seemeilen Durchmesser. Bis zu 5 Seemeilen lange Eisberge sah auch Wilkes, während ein von Bellingshausen in der Gegend von 60° südl. Br., 170° westl. L. gesichteter auf die enorme Ausdehnung von 10 Seemeilen Länge und Breite geschätzt wurde; würden diese Beobachtungen ganz richtig sein, so hätte dieser Koloss einen Flächeninhalt von 100 Quadratseemeilen oder ca. 345 *qkm* gehabt, d. h. mehr als das Fürstentum Schaumburg-Lippe. Da der Eisberg im Mittel 110 F. (rund 35 *m*) hoch war, so würde er, ohne eine grössere horizontale Ausdehnung unter Wasser anzunehmen, im ganzen 245—250 *m* hoch gewesen sein, und einen Inhalt von 86.25 *ckm* besessen haben. Dies dürfte wohl einer der grössten bisher beobachteten Eisberge gewesen sein, denn eine Angabe, dass im Jahre 1833 in 55° 57'—56° 20' südl. Br., 132°—127° westl. L. eine 40 Seemeilen lange Eisinsel gesehen worden sei, beruht vermutlich auf einer Verwechselung mit einer ganzen Reihe geschlossen schwimmender Eisberge; jedenfalls hat das Vorkommen einer so unglaublichen Ausdehnung, noch dazu in einer verhältnismässig niederen Breite, sehr wenig Wahrscheinlichkeit".

Den Eisbergen wohnt keine eigene motorische Kraft inne, sie müssen den Anstoss zu ihrer äquatorwärts gerichteten Wanderung von anderer Seite erhalten, und die Bewegungsursachen für sie sind die Kraft der Meeresströmungen und der Winde. „Dass von diesen beiden die erste ungleich wichtiger ist als die zweite, geht schon aus der Überlegung hervor, dass das Volum der frischen Eisberge unter Wasser sechsmal so gross ist als über Wasser, dass infolgedessen der Wasserdruck auf eine sehr viel grössere Fläche wirkt als der Winddruck. Im ganzen ist die Bewegung wohl recht kompliziert."

Die äussersten Grenzen, die das Eis nach Norden hin erreicht, hat Dr. Fricker auf einer Karte sorgsam eingetragen, doch sind dieselben im einzelnen sehr unsicher. Auch die Häufigkeitsangaben hängen sehr davon ab, wie stark der betreffende Meeresteil von Schiffen frequentiert wird. Über die Bildung und das Verhalten des Eises im Winter ist nichts bekannt. „Das Gefrieren des Meeres beginnt in den höheren Breiten, in der Gegend der grossen Eismauer, schon Anfang Februar, und bei — 6.9° bildete sich in der

Nähe der grossen Eismauer in Lee der grösseren Packeisbrocken rasch Jungeis von 3 — 4" (ca. 8 *cm*) Dicke. Man wird annehmen dürfen, dass sich im Winter vor allem die grossen südlicheren Meeresteile, das Rossmeer und das Georgsmeer, wie es sein Entdecker Weddell genannt hat, fast völlig mit Eis bedecken, das aber bei der starken Bewegung des Meeres nie länger zum Stehen kommt und keine stärkeren Felder bilden kann; man darf diese Horizontalausdehnung der Eisbildung daraus schliessen, dass Ross die Breite des von ihm im Sommer 1841/42 durchsegelten und nach N treibenden Packeises auf rund 800 Seemeilen schätzte, was annähernd der Breite von der Eismauer bis zum Eintrittspunkte von Ross in das schwerere Packeis entspricht. Aber auch sonst scheinen durchschnittlich wenig oder gar keine grösseren Strecken der höheren Breiten im Winter ohne ausgedehntere Meereisbildung zu sein, wenn es bei ihnen auch vielfach nicht zur Bildung eines schwereren Packeises kommen mag."

Die Hauptergebnisse seiner Untersuchung fasst Fricker im folgenden kurz zusammen:

1. „Es sind im Südpolargebiete ausgedehnte Landmassen vorhanden, und es ist begründete Aussicht, dass sich bei genauerer Nachforschung deren noch beträchtlich mehr ergeben werden. Ob sie aber sämtlich über Wasser zusammenhängen und so einen Kontinent im engeren Sinne bilden, oder ob sie nur einem gemeinsamen Sockel angehören, ist ebenso ungewiss wie ihr Oberflächenbau und ihre Umrissgestalt.

2. Die klimatischen Verhältnisse der antarktischen Gebiete sind derart, dass eine stärkere Schneebedeckung und Vergletscherung der vorhandenen Länder notwendig erscheint und auch thatsächlich vorhanden ist.

3. Die Auflösung der antarktischen Gletscher erfolgt ganz überwiegend durch die Bildung von Eisbergen.

4. Die Eisberge bilden weitaus die grösste Masse des antarktischen Treibeises; ihre Verteilung beruht auf dem Zuge der Meeresströmungen und findet rings um das antarktische Landgebiete herum statt.

5. Das antarktische Meereis tritt gegenüber den Eisbergen quantitativ stark zurück, vermag sich aber ebenfalls bis weit nach Norden auszubreiten."

Die Wanderdünen der hinterpommerschen Ostseeküste schilderte auf der Goslarer Geologenversammlung Keilhack. Zwischen den Mündungen der Wipper (Rügenwalde) und der Stolp (Stolpmünde) streckt sich die diluviale und tertiäre Hochfläche von Jershöft aus der sonst schnurgerade verlaufenden Küstenlinie auffallend hervor. Östlich von diesem steilen Kliffe liegen zwei ausgedehnte Becken, das erste, der Vietzker See, mit Wasser flach erfüllt, das zweite bis auf kleine Seen völlig zugetorft. Von der See sind diese Haffseen durch eine Nehrung getrennt, die im Osten bewaldet, im Westen dagegen sehr kahl ist und eine Breite von

$1-1^1/_2$ *km* besitzt. Auf dieser Nehrung im Gebiete der Ortschaften Schlackow, Görshagen und Vietzke liegen die merkwürdigen Wanderdünen. Man bezeichnet mit diesem Worte vom Winde zusammengehäufte, vollkommen vegetationslose Sandmassen von mehreren Hundert Metern Breite, etwa doppelt so lang wie breit und 20 bis 50 *m* hoch, die sich in langsam rollender Vorwärtsbewegung in einem ganz bestimmten, von der vorherrschenden Windrichtung abhängigen Sinne befinden. In Pommern ist diese Bewegung fast genau nach Osten, also von der Küste weg unter spitzem Winkel landeinwärts gerichtet. Nehmen wir aus den etwa 15—20 in Bewegung befindlichen Wanderdünen zu genauerer Betrachtung eine heraus, und gehen wir von Westen auf sie zu: wir kommen dabei zunächst in eine von parallelen, langgestreckten, bewachsenen, niedrigen Dünen begrenzte thalartige Ebene, die sich genau von West nach Ost erstreckt und als die Wanderbahn der Düne bezeichnet wird. Dieser ebene Thalboden, der in dem schon länger von der Düne verlassenen westlichen Teile meist mit nach Osten immer jünger werdendem Walde bestanden ist, wird nach Osten immer kahler und geht dann in allmählichem Anstiege in die Wanderdünen über. Langsam ansteigend erreicht man dann die Höhe der gewaltigen Sandmasse. Nach Osten senkt sie sich von ihrem Gipfel aus um den Betrag einiger Meter gleichfalls noch langsam, dann aber kommt eine wie mit der Schnur gezogene Nord-Südlinie, von welcher aus mit der bei losem, trockenem Sande überhaupt möglichen grössten Neigung von 30—31° die Düne 20—30 *m* abstürzt. Hinter der Wanderdüne wird vom Winde der noch nicht bewachsene Teil der Wanderbahn und die Flanke der begrenzenden Dünenketten ausgeblasen und jedes Sandkorn über den Dünenrücken fort und die steile Böschung hinabgeführt. Die Ausblasung der Wanderbahn wird fortgesetzt, bis der Grundwasserspiegel erreicht ist, und aus der sehr gleichmässigen Oberfläche desselben in dem gleichkörnigen, durchlässigen Sande erklärt sich ungezwungen die tischgleiche Ebene der Wanderbahn. In sehr trockenen Jahren, wie jetzt, wird bei niedrigem Grundwasserstande die Wanderbahn sehr tief ausgeblasen, so dass beim Steigen des Grundwassers die Oberfläche überschritten wird, und kleine flache Teiche sich bilden, in denen Wasserschnecken und -pflanzen existieren können. Wird ein derartiges kleines Süsswasserbecken wieder von neuem zugeschüttet, so werden seine Bewohner mit begraben, und so kann es kommen, dass man inmitten von äolischen Sandbildungen plötzlich einer dünnen Sandschicht mit Süsswasserschnecken begegnet. Die Wanderdünen sind höchstwahrscheinlich keine sehr alten Bildungen, sondern die ältesten mögen ein Alter von 500 Jahren nur wenig überschreiten. Sie entstehen dadurch, dass im Gebiete der niedrigen, älteren Stranddünen durch weidendes Vieh, durch Abplaggen von Rasendecke oder durch unvernünftige Abholzung die schützende Vegetationsdecke zerstört und der Sand vom Winde fortgeschafft wird. Immer greift der Wind

die kleineren Dünen von der Seite, nie von oben an; er gräbt tiefe, kesselförmige Löcher aus, die nach den Seiten mehr und mehr erweitert werden. Um diese „flüchtig gewordenen“ Dünen hängt das Wurzelwerk der Vegetationsdecke wie ein viel zu weiter, schlotternder Mantel herum und verleiht diesen „Kupsendünen“ ein ganz eigentümliches Aussehen. Die Geschwindigkeit, mit der diese Wanderdünen sich vorwärts bewegen, ist eine recht beträchtliche und kann nach einer Anzahl hier nicht näher anzuführender Beobachtungen auf 12 — 18 *m* im Jahre geschätzt werden. Der Steilabsturz der Ostseite ist nur bei den höheren Wanderdünen in grösster Schärfe entwickelt; bei den niedrigeren fehlt er ganz oder ist nur östlich einmal in 4 — 6 *m* Höhe vorhanden. Er ist, wie gesagt, dadurch bedingt, dass die grosse Mehrzahl der starken Winde in diesem Gebiete von Westen nach Osten bläst. Bei starkem Winde aus Osten tritt nun eine eigentümliche Änderung des Aussehens der Düne ein; die steile Ostwand bleibt zwar unbeweglich liegen, da der Sand natürlich auf diesen Absturz nicht wieder hinaufgeblasen werden kann, die scharfe Kammlinie aber verschwindet, und auf der flacheren Westseite bilden sich zahlreiche kleine Steilabstürze von $^1/_2$—2 *m* Höhe, die nach Westen gewandt sind und den Rücken der Wanderdüne im Profile wie gesägt erscheinen lassen. Sehr interessant sind auch die bei den Wanderdünen zu beobachtenden vegetativen Verhältnisse. An mehreren Stellen brechen die Wanderdünen in Kiefernwald, untermischt mit Birken und den Laubbäumen kleiner Moorflächen ein; diese ganze Vegetation vermag natürlich den wandernden Sand auch nicht einen Augenblick aufzuhalten, sondern wird vollständig von demselben verschüttet. Im Sande verrotten die kleineren Äste, und nur die stärkeren Stammteile vermögen, wenn dieser Wald hinter der vorwärtsziehenden Düne wieder zum Vorscheine kommt, den Angriffen von Wind und Regen zu widerstehen. So sieht man denn hinter der Düne nur zahlreiche 1 — 2 *m* hohe Stubben als traurige Reste des einstigen Waldes. Die nur zur Hälfte eingeschütteten Kiefern und Birken sterben nach einigen Jahren gleichfalls ab. Sind aber Weiden und Birken nur bis etwa 3 *m* über den Wurzeln eingeweht, so bricht aus dem Stamme dicht unter der neuen Oberfläche eine Fülle von Wurzeln hervor, die das weitere Gedeihen des Baumes sichern. Rückt aber die Wanderdüne weiter vor, so wird der Baum wieder ausgeblasen, und seine Wurzeln hängen, manchmal in 2 Generationen übereinander, frei in der Luft.

Unterseeische Flussrinnen. Dr. E. Linhardt hat[1]) über gewisse in der Nähe der Küste und besonders vor Flussmündungen sich findende unterseeische Schlünde, Rinnen und Kanäle, die man gleichsam als submarine Fortsetzungen des betreffenden Flussbettes ansehen kann, eine grössere Studie veröffentlicht. Die erste Kunde über das Vorhandensein solcher Bildungen brachte

[1]) Jahresber. der geogr. Ges. in München 1890/91. 14. Heft. p. 21 u. ff.

Hörnlimann, der sie 1883 bei der Mündung des Rheines in den Bodensee konstatierte. Fast gleichzeitig fand sie Forel beim Genfer See, wo die Rhone in denselben eintritt. Die Rinne des Rheins ist bis auf 4 *km* Länge und bis zu 125 *m* unter dem Wasserspiegel bekannt; ihr Maximalprofil misst 70 *m* Tiefe und zeigt eine Breite von 600 *m*. Bei der Rhone konstatierte man die Furche im See mehr als 6 *km* vor der Mündung; ihre Breite wechselt von 500 *m* bis 800 *m*, und im Einschnitte, dessen Ränder 800 *m* vom Ufer weg eine Höhe von 50 *m* besitzen, herrscht noch über Saint-Gingolph hinaus eine Tiefe von 200—230 *m*. Alle diese Stromrinnen werden durch Furchen, welche in der Hauptabdachung des unterseeischen Deltas ausgehöhlt sind, und durch seitliche Dämme, die sich auf beiden Ufern der Furche erheben, gebildet. Ihr Verlauf ist nicht geradlinig, sondern oftmals gekrümmt, ja im Genfersee zeigt er sich auffallend parallel zu den Küstenbiegungen. „Ähnliche Schluchten, wenn auch weniger tief, findet man an der Mündung vom früheren Rhein- und Rhonebette, nämlich vor dem Orte Altenrhein am Bodensee und vor derjenigen Rinne, welche den Namen Vieux-Rhône am Genfersee führt.“

Die Sondierungen Magnaghi's im Golfe von Genua liessen M. A. Issel erkennen, dass die Thäler von fast allen Wasserläufen Westliguriens (so namentlich der Flüsse Bisagno, Polcevera, Quiliano, Aquila, Merula, Arma, Argentina oder Taggia, Nervia, Roia) sich in unterseeischen Rinnsalen fortsetzen, welch' letztere genau die nämliche Richtung wie jene einhalten und bis zu einer Tiefe von 900 *m* verfolgt werden können.

Buchanan erwähnt ein tief eingeschnittenes submarines Thal im innersten Winkel des Golfes von Biscaya. Wie eine Grube oder ein Cañon erscheint es und dringt dicht bis an die Küste zum Kap Breton, woselbst sich früher der Fluss Adour ins Meer ergoss, vor. Diese bemerkenswerte Rinne zieht parallel mit der Kette der Pyrenäen und den Küstengebirgen von Nordspanien.

Die mächtigste unterseeische Stromrinne besitzt der Kongo. Sein submariner Lauf bildet einen ungeheueren Cañon mit steilen schlammigen Seiten, welcher weit in die Strommündung herauf eindringt. In einem Küstenabstande von etwa 35 Meilen zeigt die 100-Fadenlinie Ausbiegungen nach dem Ufer zu, welche sowohl nördlich wie südlich vom Cañon verlaufen. Ähnliches Verhalten bemerkt man bei der 500-Fadenkurve in etwa 60 Meilen und ebenso bei der 1000-Fadenlinie in vielleicht 80 Meilen vom Gestade weg. Von diesen den Schlund förmlich begrenzenden Isobathen dringt die 100-Fadenkurve 20 Meilen weit in den eigentlichen Kongolauf ein, jene von 500 Faden reicht bis auf 10 Meilen und endlich jene von 1000 Faden bis 50 Meilen an die Flussmündung heran. An der Mündung des Stromes in der Nähe von Shark Point beträgt die Weite der Rinne 3 Meilen und ihre tiefste Stelle 333 Faden; die grösste Tiefe im Flusse fand sich beim Banana

Creek zu 242 Faden. 35 Meilen vor der Mündung des Stromes nach der See zu beobachtet man eine Schlundweite von 6 Meilen und 573 Faden Maximaltiefe; hier ist der Cañon 500 Faden tief im Meeresboden eingeschnitten.

Nahe der Einfahrt in die Bai von New-York findet sich eine Reihe tiefer Schlammhöhlen, und Dana erkannte, dass diese Schlammlöcher in einer thalähnlichen Depression sich befinden, die in höherer Lage gedacht ganz gut als Fortsetzung des Hudsonlaufes gelten würde, weshalb man auch meinte, die Schlammhöhlen möchten nicht isoliert auftreten, sondern einen ununterbrochenen Kanal bilden. Die neuesten Vermessungen bestätigten diese Vermutung.

An der pacifischen Küste der Vereinigten Staaten finden sich nach Davidson submarine Thäler, die Linhardt nach den Originalquellen genauer beschreibt.

Nach Forel ist die Rinne im Genfersee teils durch aushöhlende Thätigkeit, die man in einer den Deltaboden angreifenden Strömung suchen muss, teils durch Ablagerung von Detritus an den Seiten dieser Strömung, welcher die Dämme an ihren Ufern zuzuschreiben wären, verursacht. Man hat daher einen Tiefenstrom vorauszusetzen, und dieser verdankt sein Zustandekommen dem mit Schwemmstoffen beschwerten und kälteren Flusswasser.

Linhardt weist noch darauf hin, dass eine ausgesprochene Ähnlichkeit in der Wirkungsweise zwischen einem Gletscher und dem Tiefenstrome im Lac Leman vorhanden wäre.

Anderseits betont er, es sei wohl kaum anzufechten, dass die von Issel beschriebenen submarinen Stromrinnen im Golfe von Genua dadurch hervorgerufen seien, dass in früheren Zeiten dieser Golf zum grössten Teile trocken lag und von entsprechend entwickelten Flüssen durchschnitten wurde.

Bezüglich des Kongolaufes glaubt Stassano, eine Senkung der betreffenden Küstengegend annehmen zu müssen, und zieht seine Schlüsse aus der Thatsache, dass kurz vor der Mündung dieses Stromes, etwa bei Banana, sich ein reich inundiertes Gebiet vorfindet, welches nicht auf einmündende Zuflüsse oder auf Verzweigungen, resp. Abzweigungen des Hauptflusses zurückgeführt werden könne, sondern seine Ursache in dem Abwärtsbewegen des Landstriches hätte.

Dieser Theorie schliesst sich Linhardt an. Das untermeerische Thal an der Ostküste der Union ist bezüglich seiner Entstehung wahrscheinlich auf den Hudsonfluss zurückzuführen, und die submarinen Thäler an der Küste des Stillen Ozeans verdanken ihr Entstehen wahrscheinlich früheren hier strömenden Flüssen, deren Lauf in das Randplateau eingeschnitten erschien. Plausibel ist es auch hier, eine positive Niveauänderung als Grund für die jetzige submarine Lage der Stromrinnen anzunehmen.

„Als Resultat,“ sagt Dr. Linhardt, „darf gelten, dass allen submarinen Thälern, die zur Besprechung gelangten, nahezu der

gleiche Entstehungsgrund, nämlich Erosion durch einen Fluss zukommt, dass ebenso die Zeit ihres Zustandekommens im allgemeinen fast dieselbe ist, wie auch eine positive Niveauänderung als Ursache ihres Verschwindens unter den Meeresfluten angenommen werden kann. Nur jene anfangs beschriebenen liessen sich bezüglich ihrer sublakustren Lage nicht auf ähnliche Erscheinungen zurückführen, weil ja bei einem so vielen geologischen Veränderungen ausgesetzten Landstriche, wie sie gerade die Seenzone im Norden der Alpen aufweist, derartige Formen rasch wieder der Zerstörung anheimgefallen wären. Hier erzeugte sich die Rinne durch das unter dem Seewasser strömende kältere, reich mit Schwemmstoffen und Geröll ausgerüstete Flusswasser, hier auch konnte bezüglich des Alters kein direkter Schluss gezogen werden, weil sich die Thäler noch heute weiter forterhalten und fortbilden."

9. Quellen und Höhlen.

Der intermittierende Karlsbrunnen in Eichenberg[1]), Kreis Witzenhausen, an der Nordhausen-Kasseler Eisenbahn. Dr. Loewer hat über diese Quelle genauere Mitteilungen veröffentlicht. An diese Quelle knüpfen sich mancherlei Übertreibungen, und eine solche ist es auch, welche z. B. in dem topographisch-statistischen Handbuche (Berlin 1878) darüber folgendes aussagt: „Im Orte Eichenberg befindet sich eine merkwürdige Quelle, der sog. Karlsbrunnen (angeblich nach Landgraf Karl benannt, der die Quelle 1721 besuchte und sie übermauern liess; dieselbe fliesst $1^3/_4$ Stunden lang ganz schwach, dann kommt nach einem dumpfen unterirdischen Getöse eine etwa 2 Stunden anhaltende starke Ausströmung des Wassers, dass letzteres zum Treiben einer Mühle ausreichen würde." Das ist nach Dr. Loewer unrichtig; denn die Quelle, welche übrigens keine Kohlensäure, sondern nur eine gesundes Trinkwasser liefernde ist, setzt allein bei trockener Jahreszeit aus und fliesst dann periodisch. Immerhin eine Seltenheit, die ihre Erklärung fordert. Der Genannte fand, dass die Quelle der Trias, und zwar dem Muschelkalke angehört, indem sie ziemlich kalkreich ist. Infolge dessen nimmt er ein unterirdisches Sammelbecken an, wie es in Kalkgebirgen nicht selten; und ist das wirklich der Fall, so lässt sich leicht denken, dass sich das Wasser in trockenen Zeiten in dieser Mulde sammelt, bis letztere zum Überlaufen gefüllt ist und nun periodisch fliessendes Wasser ergiesst. Übrigens scheint besagte Quelle schon seit Jahrhunderten in der dortigen Gegend des Weserlandes in ihrer fraglichen Eigenschaft bekannt und in früherer Zeit als eine Art Wunder angestaunt worden zu sein.

Gasbrunnen zu Wels in Oberösterreich. Gelegentlich einer Tiefbohrung, um artesisches Wasser zu gewinnen, wurde dort im Schlier, 250 *m* tief, Wasser angetroffen, welches stossweise aufgeworfen

---

[1]) Berichte des Vereines für Erdkunde zu Kassel **38.** 1892.

wurde; gleichzeitig entwichen erhebliche Mengen von kohlenwasserstoffreichen Gasen[1]). Im ganzen sind gegenwärtig bereits 14 Bohrlöcher hergestellt worden, die von G. A. Koch genauer beschrieben werden[2]). Das durch den ansehnlichen Gasdruck in eruptionsartigen Stössen ausgeschleuderte Wasser des Ammer'schen Gasbrunnens wurde von Koch schon mit Rücksicht auf seine schwankende Temperatur als ein Grundwasser der den Schlier überlagernden Schotterdecke angesprochen, welches hauptsächlich längs des zu oberst verrohrten Bohrloches und der während der Stossbohrung rissig gewordenen Schlierplatten, in die Tiefe sickert. Auf diesem Wege beladet sich das Grundwasser bereits mit lösbaren Substanzen.

Die Gasentwickelung war das ganze Jahr 1892 hindurch und auch bis zur Stunde eine überaus reiche, jedoch bei niederem Barometerstande stets stärker, als bei höherem. Tausende von Kubikmetern des Gases entwichen unbenutzt in die Luft, weil Ammer niemals so viel Gas für Brennen, Heizen und Beleuchten verbrauchen konnte, als ihm zuströmte. Seit Jahr und Tag verwendet er in seinen beiden Häusern kein Stückchen Holz und Kohle oder anderes Beleuchtungs- und Brennmaterial, als das „Naturgas". Ein stattlicher Gasometer, der auf den Resten einer römischen Stadtmauer neben dem Bohrloche fundiert ist, nimmt das Gas auf. Der Fassungsraum desselben berechnet sich auf 51 *cbm*. Wiederholte Versuche Ammer's haben ergeben, dass sich der leere Gasometer genau in 8 Stunden füllt.

Man darf also die mittlere, aus dem Bohrloche entweichende Gasmenge auf rund 150 *cbm* oder 1500 *hl* binnen 24 Stunden schätzen. Will man annehmen, dass infolge schlechter Abdichtung der Verrohrung im oberen Teile des Bohrloches oder durch andere Zufälle etwa $^1/_3$ der sonst sich entwickelnden Gasmenge verstreicht oder überhaupt nicht zum Abströmen in den Gasometer gelangen kann, so dürften bei Ammer durchschnittlich pro Tag rund 2000 *hl* Gas dem zweizölligen Bohrloche entweichen.

Über die Bohrergebnisse im allgemeinen spricht sich Dr. Koch in folgender Weise aus:

„Die erbohrten Gasmengen sind bis heute reichlich und nicht im Abnehmen. Bei der grossen Mächtigkeit des Schliers und der bedeutenden horizontalen Verbreitung der gasführenden oder gaserzeugenden Schichten in Oberösterreich und der bis jetzt verschwindend geringen Anzahl von Bohrlöchern (im Vergleiche zu Pittsburg in Amerika, oder China u. s. w.) ist nicht so bald an eine hierdurch künstlich eingeleitete Entgasung zu denken. Würde dieser Fall eintreten, so müsste man tiefer bohren und andere gasführende Schichten aufsuchen, wie das in Amerika wiederholt mit Erfolg praktiziert wurde.

---

[1]) Verhandlungen der k. k. geolog. Reichsanstalt 1892. Nr. 7 und 10.
[2]) Ebenda 1893. Nr. 5.

Als entferntester Punkt, an dem brennbares Naturgas im oberösterreichischen Schlier bekannt ist, mag, von Wels aus gerechnet, bis heute auf einer 36 *km* langen Erstreckung im äussersten Südosten das schon nahe an der Flyschgrenze situierte Bad Hall gelten. Als nordwestlichster Endpunkt muss bis jetzt, solange keine neueren Bohrresultate vorliegen, Grieskirchen angesprochen werden. Fast in der Mitte zwischen Grieskirchen und Hall liegt als gasreichstes Gebiet Wels. Es ist aber durchaus nicht ausgeschlossen, dass man anderwärts in Oberösterreich und in angrenzenden Teilen von Niederösterreich oder Bayern noch gasreichere Horizonte des Schliers erschliesst. Als erste Station der Bahnstrecke zwischen Wels und Grieskirchen, und als Abzweigung der Wels-Eferding-Aschacher Bahn gilt Haiding. Hier hat man nach Durchstossung eines diluvialen Ziegellehms im Schlier bereits Gas erbohrt. Mit diesem Gasbrunnen wäre also die Verbindung zwischen Grieskirchen und Wels vermittelt.

In Simbach und Lahöfen (S und SW von Eferding) hat man „artesische Schwefelwässer“ erbohrt, bei denen sich Exhalationen von Schwefelwasserstoffgas wenigstens aus dem einen Bohrloche schon auf weithin bemerkbar machen.

Im engeren Stadtgebiete von Wels lassen sich dagegen nach der Menge der Gasführung 3 Zonen unterscheiden, soweit sie durch die jetzigen Tiefbohrungen aufgeschlossen sind:

1. Eine südliche gasarme Traunzone, 2. die Vorstadtzone, 3. die Heidezone. Das Gas selbst wurde in verschiedenen Tiefen erbohrt. Es zeigten sich schon reichliche Gasspuren in 35 bis 80 und 120 *m*, grössere Gasmengen in Tiefen bis gegen 250 *m*. Man kann also das Vorhandensein von gasführenden, bezw. gaserzeugenden Horizonten des Schliers in verschiedenen Tiefen ebenso nachweisen, als man auch den gashaltenden Schichten im Schlier von Oberösterreich eine grosse Verbreitung in extensivem Sinne zuschreiben muss.

Die Höhlen der schwäbischen Alb. Einen Überblick über die neuesten Forschungen bezüglich des Gutenberger Höhlensystems und der Irpfelhöhle im Brenzthale giebt Prof. F. Regel[1]). Das erstgenannte Höhlensystem ist besonders von Dr. Endriss studiert worden, dessen Ausführungen[2]) hier grundlegend sind.

„Von den grösseren Hohlräumen unserer Erdrinde ist die eine Gruppe gleichzeitig mit dem umgebenden Gesteine entstanden, was besonders im Gebiete von Kalktuffformationen der Fall ist, die andere ist erst nach der Entstehung der umgebenden Gebirgsmasse besonders durch die Thätigkeit des Wassers namentlich in solchen Gesteinen gebildet, welche durch ihre chemische Beschaffenheit im Wasser leichter löslich sind. Zur ersten Gruppe gehören die Tuff-

[1]) Potonié's Wochenschrift 1893. 8. Nr. 40.
[2]) Schriften des schwäbischen Höhlenvereins. Nr. 1. Stuttgart 1893.

höhlen in den Kalktuffmassen der Albthäler, zur zweiten die Höhlen im eigentlichen Gebirgskörper der Alb die „Grundgebirgshöhlen“.

Unter letzteren können wir wiederum solche unterscheiden, bei welchen die Höhlenbildung, die Erzeugung von hohlen Räumen im Gebirge sich noch in der Gegenwart vollzieht, und die Höhlen, in welchen sich zur Zeit keine höhlenbildenden, die vorhandenen Hohlräume wesentlich vergrössernde Vorgänge nachweisen lassen. Erstere werden von Quellbachgewässern dauernd oder nur zeitweise durchströmt, ihre häufigsten Vertreter sind die Quellgrotten; die grossen Quellgrotten leiten dann zu den Quellbachhöhlen über.

Die Gutenberger Höhle gehört nun zu denjenigen Höhlen, in welchen sich zur Zeit keine höhlenbildenden Vorgänge nachweisen lassen; sie ist der Typus einer abgestorbenen und zugleich einer sehr alten Höhle.

Der Eingang zur Gutenberger Höhle befindet sich bei etwa 700 *m* Meereshöhe am Nordhange des bei Gutenberg in das Lenniger Thal einmündenden kurzen Tiefenthales, in der Luftlinie etwa 1 *km* nördlich von Gutenberg (540 *m*). Ein grosses Felsenportal im löcherigen, wenig geschichteten Kalksteine des Weissen Jura führt zu einer schon längst bekannten Grotte, dem Heppenloche. Nördlich von dieser Grotte reiht sich nun an dieselbe ein System von Hohlräumen an, welches im Winter 1889/90 von Karl Gussmann erschlossen wurde. Die bis jetzt neu aufgefundenen Höhlen zusammen mit dem Heppenloche bilden die Gutenberger Höhle: sie zerfällt in einen östlichen und in einen westlichen Höhlenzug, beide verlaufen etwa in NNO ungefähr gleichgerichtet. Das Heppenloch bildet den ersten Raum des westlichen Höhlenzuges. An dasselbe reiht sich eine grosse Halle. Vom nordwestlichen Teile dieser Halle aus zieht sich der westliche Höhlenzug noch 70 *m* weit ins Gebirge hinein. Am Ende des westlichen Höhlenzuges schliesst sich nach O eine weitere grosse Halle, die sogenannte Teilungshalle, an; dieselbe verbindet den genannten Höhlenzug mit seinem östlichen, nur etwa 6 bis 8 *m* von ihm entfernten Nachbar; letzterer erstreckt sich sowohl nach N wie nach S von der Teilungshalle aus; er wurde nach S hin bis jetzt 25 *m* weit, nach N hin 20 *m* weit erschlossen; beide Enden liegen jedoch in Ausfüllungsmassen; der Zug setzt sich nach beiden Richtungen weiter fort.

Im Baue der Höhle ist das Grundgebirge und das Ausfüllungsmaterial zu scheiden, denn es sind Gesteinsmassen in die vom Grundgebirge umschlössenen Hohlräume eingelagert.

Der Schichtenbau des Grundgebirges. Die bis jetzt erschlossenen freien Hohlräume der Gutenberger Höhle liegen grösstenteils im oberen Weissen Jura, gebildet durch eine ca. 18 *m* mächtige Masse eines grauen bis gelblichgrauen, mehr oder weniger ungeschichteten Kalksteines von grosser chemisch-physikalischer Ungleichheit seiner Teile. Am Aufbaue des Grundgebirges beteiligt sich sodann noch der untere Weisse Jura mit festgefügten Bänken eines dichten,

sehr gleichartig aufgebauten, blaugrauen bis gelblichgrauen Kalksteines.

Die „Spaltentektonik" des Grundgebirges. Spalten spielen eine grosse Rolle, da hier 2 Hohlräume im Gebirge fast parallel verlaufen. Endriss glaubt, das Vorhandensein eines wohl entwickelten Spaltensystems erwiesen zu haben, welches bei der Ausbildung der Räume massgebend war. In der Oberdeltastufe bewirkte dasselbe eine viel stärkere Zersplitterung und arbeitete somit der Ausräumung viel stärker vor als in der Unterdeltastufe, in welcher nur eine starke Klüftung, $^1/_2$ bis 2 *m* breite „Klamm", bewirkt wurde.

Die Spaltungen hält Endriss für die Folge gebirgsbildender Vorgänge bei der Entstehung des Albgebirges. Durch die Randecker Berghalbinsel, in welcher sich die Gutenberger Höhle befindet, zieht sich eine Zone grösster Zerreissung in der Senke, welche von der Wolfsschlucht — 160 *m* weit von der Gutenberger Höhle — nach dem nördlichen Steilrande des Randecker Maars streicht. Letzterer ist eine Vulkanruine; jene Zerreissungszone habe zur Entstehung dieses Vulkans wesentlich beigetragen.

Die Höhlenbildung. Die Spalten aber waren die Wege, auf denen sich dann die Höhlenbildung vollzog. Über den hierbei entfalteten Mechanismus geben 2 Stellen Aufschluss, die sogenannte „Klamm" und der Gang *α*; beide zeigen an der tiefsten Stelle der Wandung links und rechts eine Zone von abwechselnd konvexen und konkaven Stellen, die „Serpentinenzone", welche die Schichtung des Felsgesteins quer durchschneiden. Diese interessanten Wandungsformen deutet Endriss auf rasch fliessende Wasser, auch Bachgewässer hin, welche hier wahrscheinlich starke Strudel bildeten.

In der Entstehung der Hallen bildeten aber auch die Sickerwasser jedenfalls eine hervorragende Rolle und bewirkten die Abbröckelung des Gesteins; der Bach führte dann den in der Höhle sich bildenden Schutt ab.

Jedenfalls ist die Hauptausbildung der Höhle durch Einwärtsrücken der Höhlenbildung von den Austrittsstellen aus bewirkt worden. Die ersten Stadien waren also die einer Quellgrottenbildung; ihr entgegenkommend konnte dann eine Versickerungsgrottenbildung arbeiten; doch haben die Tagwasser, welche die Höhle durchflossen, im ganzen nur eine untergeordnete Rolle gespielt; die Hauptausbildung der Höhle ist durch Quellwasser vermittelt. Endriss fasst daher die Gutenberger Höhle auf als durch Rückschreiten von Quellen entstandene Quellbachgrotte; auch stimmt dieselbe mit Quellgrotten und Quellbachhöhlen der Gegenwart vollkommen überein.

Die Ausfüllungsmasse. Auf eine Zeit eigentlicher Höhlenbildung folgte dann eine solche, in welcher die geschaffenen Hohlräume zum grossen Teile wieder ausgefüllt wurden. Das Ausfüllungsmaterial bilden namentlich Lehmschottermassen. Die grosse Halle war bereits vollständig mit Lehm und Schotter ausgefüllt. Nur ein Teil der Ausfüllungsmassen ist bei der Aufgrabung entfernt worden, ein

grösserer Teil lagert noch im sogenannten „Lehmberge", im Heppenloche und im westlichen Höhlenzuge.

Die ganze Lehmschottermasse ist gleichzeitig aufgebaut; die eingelagerten Schotter stammen grösstenteils aus höheren Stufen des Grundgebirges als derjenige Horizont ist, in welchem sie lagern. Die Schichtung des Lehms weist auf Wassertransport hin, und zwar bildet derselbe eine Schwemmablagerung. Die Schichtungsflächen sind in der Halle nach einem Kegelmantel orientiert; die grössten Wassermassen sind nach dem Heppenloche abgeführt worden.

Ein Knochenlager mit Knochenstücken der verschiedenartigsten Tiere, vielfach mit Sprüngen und Spalten in den Knochen, fand sich im unteren Teile der Lehmschottermasse vor. Die meisten Knochen waren mit Sinter überzogen; das Knochenlager erscheint als eine seitlich von den beiden Hauptstromwegen des Wassers abgeschwemmte Masse, welche zu einer Alluvione gehört. Zweifellose Spuren des Menschen sind bis jetzt im Gebiete der Lehmschottermasse nicht nachgewiesen. In der letzteren überwiegt der Lehm bei weitem, der Schotter tritt zurück, was auf Absatz durch wilde Gewässer hinweist; Lehm und Schotter entstammen jedenfalls grösstenteils dem Plateau über der Höhle, denn hier lagern ähnliche Bildungen, eine Einfuhrstelle vom Plateau in die Höhle ist jedoch noch nicht bekannt. Die zuführenden Gewässer brachten grossen, raschen Wasserandrang, wie solcher nach starkem Regen, beim Schmelzen von Schnee und Eis auftritt.

Die Bestimmung der Einschwemmungszeit nach den Knochenfunden weist auf frühdiluviale Zeit hin, einzelne Funde selbst auf spättertiäre Zeit.

Die jüngeren Ausfüllungsmassen, welche ausserdem in der Höhle vorkommen, beziehen sich hauptsächlich auf Tropfsteinablagerungen.

Sonach lässt sich die geologische Entwickelung der Gutenberger Höhle in folgende Phasen zerlegen:

I. Die Schichten des Grundgebirges werden von tiefgehenden Zerreissungen betroffen. Entstehung der beiden Spaltungszonen und der zu denselben quer gerichteten Spaltenzüge.

II. Aus starken Quellen entwickeln sich im Gebiete dieser Zonen starke Bäche, welche aus dem Grundgebirge Material ausräumen. Der Ursprung der Bäche rückt immer mehr bergeinwärts, und damit schreitet auch die Höhlenbildung mehr und mehr in das Gebirge hinein vor. Hauptausräumung der Hohlräume im Grundgebirge.

III. Wilde Gewässer lagern in den Hohlräumen Lehmschottermassen ab. Entstehung der alten Alluvionen in der Höhle.

IV. Kalkführende Sickerwasser setzen beim Verdunsten Tropfstein ab. Abbröckelung, Verstürzung, lokale Einbrüche in den Lehm, Schottermassen. Bildung der Tropfsteinablagerungen."

Die Irpfelhöhle liegt 2 *km* oberhalb Giengen am linken Gehänge des Brenzthales, 15 *m* über der heutigen Thalsohle, im Weissen Jura. Diluvialer Schutt ist nur spärlich an den Seiten

des Thales und auf einigen niedrigen Terrassen vorhanden. Die Moräne des Rheingletschers reichte nicht so weit thalaufwärts, sie endigte schon 10 *km* unterhalb Giengen. „Die Irpfelhöhle ist nach ihren Dimensionen nur als ein Schlupf zu bezeichnen; sie wurde eigentlich erst durch die Ausgrabung geschaffen; der ganze vordere Teil war bis oben mit Schutt gefüllt. Die Höhle beginnt mit einem freistehenden Felsenthore, dann folgt der offene Vorraum, welcher die meiste Ausbeute an Knochen geliefert hat. Hier ist offenbar das Dach der Höhle eingestürzt, so dass der Felsenbogen den ehemaligen Höhleneingang darstellt. Die Höhle selbst hat einen 3 *m* breiten, 2.5 *m* hohen Eingang; mit wenigen Schritten erreicht man eine hallenartige Verbreiterung, von welcher eine Reihe von Verzweigungen ausgehen. Die Fortsetzung der Höhle geht offenbar noch weiter in den Felsen hinein, doch versperren bis jetzt mächtige Felsblöcke den Weg. Wichtig für die Untersuchung war sodann noch ein schmaler Kamin, welcher in der Südostecke nach oben führt und nicht sehr weit vom Eingange der Höhle ins Freie mündet; derselbe ist mit Bergschutt erfüllt. Die Schuttablagerungen im Vorraume stellen eine mit Höhlenlehm verbundene Breccie von Jurakalk dar. Inmitten dieser Masse lagen die zahllosen, zwar zersplitterten und verbrochenen, sonst aber vorzüglich erhaltenen Knochen. Die Schuttmassen bilden eine sekundäre Ablagerung, welche aus dem Inneren der Höhle nach aussen transportiert war, wie das Einfallen der Schichten nach aussen zu ergab; es müssen hier also früher Wasser zirkuliert haben; jetzt ist die Höhle trocken. Der Einsturz der Decke versperrte die weitere Abfuhr des aus der Höhle ununterbrochen herausgeschafften Materiales. So blieb eine reine, unvermischte diluviale Höhlenfauna erhalten."

Die Höhlen des Harzes behandelt H. Kloos[1]). Seit 1881 hat eine systematische Erforschung dieser Höhlen begonnen, die bereits zu wissenschaftlich interessanten Ergebnissen führte. Diese Höhlen liegen meist im Korallenkalke des Devon, die Einhornhöhle bei Scharzfeld im Zechsteindolomite. Die Geröllfunde in der Baumannshöhle beweisen, dass die Rübelander Höhlen einst von der Bode durchflossen wurden, und dass das heutige Bodethal erst später, wahrscheinlich durch Einsturz entstanden ist.

Die Tropfsteinhöhle von Schoschuwka in Mähren. In der Nähe des durch seine Höhlen berühmten Sloup ist seit kurzem eine neue Höhle zugänglich geworden, über die Prof. R. Trampler berichtet[2]). „Wie alle Höhlen Mährens ist auch die Grotte von Schoschuwka eine Wasserhöhle und verdankt wie alle Wasserhöhlen ihre Entstehung der chemischen und mechanischen Wirkung des Wassers, der Korrosion und Erosion. Das Wasser übte seine erodierende Thätigkeit, durch welche die Höhle weiter ausgebildet und

[1]) Archiv für Landeskunde der Provinz Sachsen 2.
[2]) Gaea 1893. p. 263 u. ff.

erweitert wurde, in dreifacher Weise aus: in horizontaler Richtung als fliessendes, in vertikaler Richtung als stürzendes und als stehendes Wasser. Im allgemeinen kann der Grundsatz gelten: dem fliessenden Wasser haben die Gänge, dem stürzenden Wasser die kleinen, kapellenartigen und die grossen, domartigen Hallen ihre Entstehung zu danken. Das stehende Wasser wirkt zunächst korrodierend, trägt aber auch durch seinen hydrostatischen Druck wesentlich zur Erweiterung der Hohlräume bei; seine Wirkung ist demnach auch eine dynamische.

Bei der Bildung der hallenartigen Räume sind die sogenannten Wasserschachte oder Schlote von grösster Bedeutung: vertikale oder schiefe Felsenröhren, zumeist mit trichterförmigen Öffnungen an der Erdoberfläche. Sie verdanken im Anfangsstadium ihre Entstehung zunächst der chemischen Wirkung des meteorischen Wassers, mit der später die mechanische Hand in Hand ging.

Fliessendes, stürzendes und stehendes Wasser übt in seiner korrodierenden und erodierenden Thätigkeit auf die Bildung der Decken und der Sohle, wie sich leicht begreifen lässt, eine verschiedene Wirkung auf die Gestalt und Form derselben aus, so dass man zumeist in der Lage ist, aus der eigentümlichen Form der Decke auf die Entstehungsart irgend einer Räumlichkeit einer Höhle einen Schluss zu ziehen. Die Sohle entzieht sich sehr häufig einer direkten Beobachtung, da dieselbe mit Diluvium und Alluvium bedeckt erscheint. So beobachtet man, dass die Decke eines Hohlraumes, der durch fliessendes Wasser entstanden ist, mehr oder minder eine flache Wölbung zeigt; meist bildet die Decke eine horizontale Fläche, welche gegen die Seitenwände sich abrundet. Beispiele flacher Wölbung liefern der Eingang und die Vorhalle der Slouper Höhle und der „Schopfen“ (Kůlna), auch der obere und untere Punkwaausfluss (Východ). Stürzendes Wasser erzeugt Decken von Spitzbogenform, so dass einzelne Kammern an gotische Kapellen und gotische Kirchen erinnern, wie in der neuen Grotte von Schoschuwka und in der Slouper Höhle. Die Art der Schichtung spielt bei diesem Prozesse selbstredend ebenfalls eine wichtige Rolle.

Die neu entdeckte Grotte von Schoschuwka ist ohne Zweifel auf diese dreifache Art entstanden. Wahrscheinlich bildeten sich zunächst durch Korrosion die einzelnen Kammern, die durch Spalten miteinander kommunizierten. In diesen Räumen sammelten sich dann grosse Wassermassen, welche durch ihren ungeheuren hydrostatischen Druck, den sie auf die Wände ausübten, erst nach längerer Zeit sich einen Ausfluss öffneten, der sich durch die erodierende Thätigkeit des bewegten Wassers allmählich zu jenem Schlupfloche erweiterte, durch das Sedlák die Grotte entdeckte. Durch das fliessende Wasser verbreiterten sich die ursprünglichen Felsspalten zu förmlichen Gängen: die Erosionsthätigkeit kam nun zur vollen Geltung. Das in vertikaler Richtung in die Hallen ge-

langende Wasser wirkt noch heute fort, trotzdem die in die Hohlräume führenden Wasserschachte, soweit sich bisher konstatieren lässt, mit Kalkblöcken verlegt und zum Teile versintert sind, wie aus dem reichlichen Tropfen des Wassers zu ersehen ist, das nach einem grösseren Regengusse in einen förmlichen Regen übergeht.

Nach dem sichtbaren Ein- und Ausflusse kann man die mährischen Höhlen in 3 Gruppen sondern: Einflusshöhlen mit sichtbarem Einflusse und unterirdischem Abflusse, Ausflusshöhlen mit sichtbarem Ausflusse und unterirdischem Zuflusse und Durchflusshöhlen mit sichtbarem Zu- und Abflusse. Einflusshöhlen sind: die alte Slouper Höhle, die „Schinderhöhle" bei Holstein und die Hugohöhlen bei Jedownitz; Ausflusshöhlen sind: die Stierhöhle im Josefsthale, die Ochoser Höhle und die Grotte von Schoschuwka; Durchflusshöhlen sind der schon genannte „Schopfen" und der steinerne Saal (?) oberhalb der Stierhöhle.

Die Grotte von Schoschuwka hat als Ausflusshöhle einen unterirdischen Zufluss; denn sie steht durch eine verlegte Strecke mit der alten Slouper Höhle in Verbindung. Unter den vielen Gängen der letzteren ist die ungefähr 260 *m* lange Orchester- oder Balkenstrecke die längste. Sie hat eine nordsüdliche Richtung, und ihr Ende ist mit Blöcken und Gerölle vollständig verlegt, daher liess der um die mährischen Höhlen hochverdiente Dr. M. Kříž im Jahre 1881 einen 7.5 *m* langen Quergang durchschlagen, der diese Strecke mit dem Tage verbindet (54 *m* südlich vom Ausgange des Schopfens). Die Balkenstrecke zeigt deutlich ein Gefälle nach S, und man musste sich daher mit Recht wundern, wohin das Wasser abgeflossen, da an dem vermeintlichen Ende des Ganges kein Abgrund sich befindet, in den dasselbe gestürzt sein konnte. Seit der Entdeckung der neuen Grotte ist das Rätsel in einfacher Weise gelöst. In der Richtung der Balkenstrecke liegt der Hauptgang der neu entdeckten Grotte, von dem vermeintlichen Ende der ersteren beiläufig 15 *m* entfernt. Aus der Balkenstrecke floss demnach das Wasser in die Grotte, und zwar, da nach den Messungen Kříž's das Ende der genannten Strecke 469 *m*, das Ende des Hauptganges der Grotte aber 465 *m* hoch ist, mit einem Gefälle von 4 *m*.

Die Grotte besteht aus 3 Hauptstrecken, von denen zwei, geradeso wie fast alle Erosionsspalten der Slouper Höhle, eine Hauptrichtung von N nach S zeigen, somit die Richtung haben, in welcher der devonische Kalk streicht. Verf. unterscheidet die Hauptstrecke (A), in welcher der Eingang in die Grotte liegt, die Parallelstrecke (B), welche rechts von der ersteren abzweigt und mit dieser die gleiche Richtung hat, die Oststrecke (C), welche, von letzterer ebenfalls rechts abzweigend, eine östliche Richtung einschlägt, und die Verbindungsstrecke (D).

Die Gänge sind sehr schmal, besonders der Hauptgang (durchschnittlich 2 *m*), und so niedrig (1.5—4 *m*), dass man sehr häufig nur mit geneigtem Haupte dieselben passieren kann, so dass sich

der Besitzer genötigt sah, die Wege tiefer zu legen. Sie erweitern sich an einzelnen Stellen, besonders an ihrem Ende zu länglichen Hallen oder zu runden Kammern, die ebenfalls im Vergleiche mit den anderen bekannten grösseren Höhlen Mährens bescheidene Dimensionen besitzen; denn sie sind nur 3—7 *m* breit und 3 bis 10 *m* hoch.

Die Höhle von Soucy ist von den französischen Geologen Paul Gautier und Charles Bruyant einer eingehenden Schilderung unterworfen worden. Man versteht in Frankreich darunter eine Art von Naturbrunnen, welcher allen Geologen und Lustreisenden daselbst wohl bekannt ist und darum auch in allen Fremdenführern und Karten aufgeführt wird. Sie befindet sich nicht weit von dem See Pavin, und zwar in einer der Rinnen des Vulkans von Montchame im Mont Dore, wo sie seit undenklichen Zeiten unter dem Namen der Überschrift bekannt ist. Man interessierte sich für sie wissenschaftlich bereits seit Beginn des 18. Jahrhunderts, und 1770 unternahm es ein Wegebaumeister Chevalier, ihn näher zu sondieren. Derselbe fand die Tiefe zu 10 Toisen (à 6′), deren erste den Grund mit einer Wasserfallfläche bedeckt. Ihr Niveau betrug im Unterschiede von dem des Sees Pavin 186′ 5″. Seit jener Zeit untersuchten zwar viele Geologen das Massiv des Mont Dore, allein sie bemerkten nur gasige Aufwallungen, und manche von ihnen betrachteten diesen unterirdischen See als den Ursprung der Quellen, welche den Pavin speisen. Andere Untersuchungen scheiterten an dem Dasein von Kohlensäure in der Grotte. Infolge dieser unvollendet gebliebenen Forschungen beschlossen die oben genannten Herren eine neue, worin sie auch von den Behörden unterstützt wurden. Am 15. November 1892 begaben sie sich an das Werk, ausgerüstet mit den dazu nötigen Hilfsmitteln. Die Höhle selbst bildet ein Ellipsoid. Das untere Becken wird durch einen eiförmig gestalteten See eingenommen, während die Tiefe schwankte und in der südlichen Partie $9^1/_2$ *m* durch die Sonden zeigte. Das Wasser, durchaus ruhig, hatte eine zwar klare, aber tiefgrüne Färbung, als ob es durch irgend eine Substanz gefärbt sei, und besass zur Zeit der Untersuchung eine Temperatur von 2.1°. Am nördlichen Rande, welches durch einen 3—4 *m* breiten Kanal getrennt war, erhob sich eine Insel genau unter der Öffnung, und selbige gestattete es, darauf Fuss zu fassen, während sie, eine einfache Anhäufung von Gebirgsschutt, bei Hochwasser verschwinden soll. Die ganze Grotte wird von Laven gebildet, die sich in eckigen, hervorragenden Blöcken und Stalaktiten darstellt. An ihrer unteren Fläche tropfen wie ein ununterbrochener Regen Wassertropfen herab. Die gänzliche Tiefe der Höhle betrug $42^1/_2$ *m* und bot für tierisches Leben höchst ungünstige Bedingungen. Man fand auch keinerlei terrestrisches Wesen, und selbst augenlose Tiere schienen, wenigstens zu dieser Jahreszeit, gänzlich zu fehlen. Selbst die Wasserfauna ergab nur eine Rotifere (Notholca longispina Kell.), während die sonst in den benachbarten

Seen so zahlreichen Ringelkrebse (Entomostraca) keinerlei Vertreter besassen. Nur die Flora erwies sich etwas reicher, besonders an Diatomeen. Unter ihnen erregt Asterionella formosa Hass. eine besondere Aufmerksamkeit. Denn sie war bisher nur aus den Seen der Alpen, aber nicht aus denen der Pyrenäen bekannt. F. Géribaud, welcher sie bestimmte, hatte nur ein einziges Exemplar im See Servières entdeckt; sie kommt aber im See Pavin bei 90 *m* Tiefe vor und tritt nun, obgleich in der Auvergne so überaus selten, in der Höhle von Soucy sehr häufig auf. Woher sich die Anwesenheit dieser Organismen schreibt, steht dahin; welches ist überhaupt der Ursprung der fraglichen Grotte? Nach längerem Eingehen auf die geognostischen Verhältnisse kommen die Beobachter zu der Antwort, dass sie durch langsame Erosion der Gewässer, welche alle dortigen Lavarinnen in der Tiefe einnehmen, gebildet sei, und zwar durch Auswaschung von Spalten, wie sie daselbst so häufig in den Laven gefunden werden. Wahrscheinlich haben wir hier einen Vorgang vor uns, dem auch die Geysirröhren ihren Ursprung verdanken [1]).

Eine neue grosse Tropfsteinhöhle, die man Charlottenhöhle genannt hat, ist in Frühjahre 1893 bei Hürben im Grenzgebiete der schwäbischen Alb entdeckt worden. Mitte Juni wurde diese Höhle von Dr. E. Fraas und mehreren anderen Herren in eingehender Weise untersucht, wobei sich, wie der „Schwäb. Merk.“ berichtet, ergab, dass diese Höhle an Ausdehnung und Schönheit der Tropfsteingebilde alle bis jetzt bekannten Höhlen Württembergs übertrifft. Beträgt doch allein die bis jetzt abgemessene Länge über 550 *m*. Nachdem eine Reihe von Hindernissen weggeräumt wurde, ist der grösste Teil der Höhle bis auf 400 *m* zugänglich und kann ohne Sorge betreten werden. Der Eingang der Höhle liegt an dem waldigen Gehänge unterhalb der Kaltenburg, inmitten der schönen Landschaft des Hürbe- und Lonethales. Durch diesen Eingang, der zwar dem natürlichen Eingange entspricht, aber erst künstlich durch Ausräumen der Schuttmassen geschaffen wurde, tritt man in die Höhle ein, welche sich rasch zu einer Halle erweitert. Links steht ein mächtiger, über mannesdicker Stalaktit gleichsam als versteinerter Hüter der Unterwelt, und rechts erhebt sich ein viele Meter hoher Haufen von unzähligen Pferde- und Rinderknochen; er führt zu dem Oberschlupf, durch welchen die Entdecker der Höhle mittels Strickleiter und Seil eingedrungen waren. Das Alter dieser Knochen ist nur gering, sie entstammen wahrscheinlich einer Zeit der Seuchen, in welcher die Tierleichen in Menge durch den zu Tage mündenden Spalt hineingeworfen wurden. Auf der Sohle dieser Halle liegt eine Kulturschicht, erfüllt mit prächtig erhaltenen Knochen von Höhlenbären und anderen Tieren der Vorwelt. Auf meist ebenem und fast immer trockenem Wege gelangt man an das hintere

[1]) **Natur 1893. p. 310.**

Ende der Halle, wo die kulissenartig von der Decke herabhängenden Stalaktiten in Verbindung mit den gleich Riesenspargeln aus dem Boden aufsteigenden Stalagmiten einen prächtigen Anblick gewähren. Eine Wendung nach rechts führt zu einer Halle mit erneuter Pracht der Tropfsteingebilde. Bald sind es förmliche Teppiche mit Spitzen, die von den Wänden herabhängen, bald mächtige Säulen und Portale aus honiggelbem, durchscheinendem Kalkspate, bald zierliche glashelle Röhren, welche die Phantasie zu den kühnsten Vergleichen anregen. Ein scheinbar nicht endenwollendes Labyrinth von schmalen, aber hohen Spalten und Klüften, unterbrochen von weiten Hallen, lässt uns immer weiter vordringen, und immer wieder nehmen uns neue Naturgebilde in Anspruch. Das bis jetzt erreichte Ende der Höhle ist noch nicht der natürliche Abschluss; denn nur eine gewaltige Schuttmasse ist es, welche hier am weiteren Vordringen hindert, und es ist zu erwarten, dass nach deren Abräumung vielleicht noch ein zweiter Ausgang gefunden wird, denn kaum lässt sich anders die erneute Anhäufung von Knochen deuten, die sich hier, so weit vom Eingange entfernt, abermals findet. Freudig erstaunt ist man bei der langen Wanderung sowohl über die Trockenheit des Bodens, als über die gute Luft in der Höhle, die ihren Grund darin hat, dass tief hinten nochmals ein Luftschacht zur Oberfläche führt und so einen natürlichen Durchzug durch die Höhle ermöglicht. Eine neue Naturschönheit ersten Ranges ist auf diese Weise auf der schwäbischen Alb erschlossen[1]).

Dolinen im Brünner Höhlengebiete beschreibt Prof. Trampler[2]) Auf einem schmalen Streifen von Devonkalk nordöstlich von Brünn finden sich alle charakteristischen Eigenschaften des Karstes wieder. „Von dem bedeutenden Altersunterschiede der beiden Kalkformationen abgesehen, erscheint hier (bei Brünn) alles verkleinert, was dort (im Karste) im vergrösserten Massstabe der Laie bewundert, und der Gelehrte mit grossem Interesse studiert. Das Wasser kleiner Bäche verschwindet in mit Steingerölle verdeckten Sauglöchern oder stürzt nach der Schneeschmelze und nach grossen Regengüssen in furchtbare Abgründe und kommt nach einem mehr oder minder langen unterirdischen Laufe aus einer niederen Wassergrotte in majestätischer Ruhe (wie im Karste) wieder zum Vorscheine; ausgedehnte, hier und da labyrinthisch verzweigte Hohlräume durchsetzen das Erdinnere; einzelne der Höhlen (die Ochoser, die Slouper Tropfsteinhöhle und die Grotte von Schoschuwka) sind reich an herrlichen Sintergebilden; aber auch wahren Karstlandschaften mit allen ihren Schrecknissen begegnet man, so bei Ostrow. Besonders charakteristisch für die Analogie der beiden Kalkformationen ist die Dolinenbildung; sie ist dem Devonkalke so eigentümlich, dass aus ihrem Auftreten an Orten, wo derselbe nicht zu Tage tritt, auf sein

[1]) Natur 1893. p 358.
[2]) Mitteil. der k. k. geogr. Ges. zu Wien 1893. p. 241.

Vorhandensein geschlossen werden kann, so bei Sugdol. Die slovenische Bezeichnung Doline („Niederung") ist im Brünner Höhlengebiete, obwohl dasselbe durchwegs von Slaven bewohnt ist, unbekannt; ein einziger Erdtrichter, auf dem Plateau von Ostrow gelegen, führt diesen Namen.[1] Die deutsche Bevölkerung Brünns nennt eine solche trichterförmige Vertiefung seit altersher „Erdfall", die slavischen Bewohner bezeichnen sie als „Závrtek" (Einbohrung), eine Benennung, welche der natürlichen Beschaffenheit jedenfalls besser entspricht, als die allgemeine Bezeichnung „Dolina" = Niederung. Während im Karste dieser interessanten Naturerscheinung seit längerer Zeit eine grosse Aufmerksamkeit zugewendet wird, ist dieselbe im Brünner Höhlengebiete wenig beachtet und, weil sie zumeist abseits der gewöhnlich begangenen Touristenwege zu finden ist, den wenigsten Besuchern bekannt. Dort hat sich ob ihrer Bildung ein wissenschaftlicher Kampf entsponnen, der seit einer Reihe von Jahren fortdauert, ohne endgültig entschieden zu sein; hier hat sich bisher niemand darum gekümmert, nur Dr. M. Kříž, der unermüdliche Forscher, hat dieselben in seinen Arbeiten über die Höhlen im Devonkalke berührt. Bekanntlich stehen in dieser Kontroverse 2 Ansichten einander gegenüber. Nach der älteren, deren eifrigster Vertreter Dr. E. Tietze in Wien ist, sind die Karsttrichter Einstürze unterirdischer Hohlräume, während Dr. E. von Mojsisovics und seine Anhänger sie für oberflächliche Erosionserscheinungen halten."

Prof. Trampler hat die „Erdfälle" besonders in den regenreichen Sommern 1890 und 1891 genauer untersucht. Sie treten zumeist gesellig auf; isolierten begegnet man selten. Im ersten Falle lässt sich häufig eine bestimmte Richtung in der Anordnung derselben verfolgen, so besonders auf dem Plateau von Wilimowitz in der Nähe des Konradshofes. Doch liegen sie hier und da auch in einer Gruppe nebeneinander. Sie besitzen durchweg Trichterform mit annähernd kreisförmigen Umrissen. Ihr Durchmesser ist verschieden, der kleinste kaum über 1 *m* lang, während die oben angeführte „Dolina" einen Durchmesser von 265 *m* hat. Ebenso verschieden ist die Tiefe, doch ist dieselbe für die Charakteristik sehr häufig irrelevant, da sehr viele Trichter verschüttet sind, besonders wenn dieselben mitten in einem Felde liegen. Ihre Begrenzungsflächen sind — den letzten Fall selbstredend ausgeschlossen — fast ausnahmslos mit Gras bewachsen, ihr oberer Rand, hier und da auch ihre Abhänge mit Gesträuch besetzt, welches deren Anwesenheit dem Besucher von weitem verrät. Seltener stehen, so beim Dorfe Sugdol, Bäume in den Trichtern. Die Untersuchungen im ersten Sommer hatten bereits gelehrt, dass die Kalktrichter im Brünner Höhlengebiete (vom Karste wird ganz abgesehen) unmöglich Produkte der

---

[1]) Die Dolina (nw. vom Dorfe Ostrow) ist der grösste der mährischen Erdtrichter. Er hat einen Umfang von 720 *m* (265 *m* lang und 165 *m* breit); seine Sohle bedeckt ein Ackerfeld von 1 *h* 57 *a* und 53 *qm* Fläche.

Erosion oder, um mit Mojsisovics zu reden, „oberflächliche Aushöhlungen“ sind. Man gewinnt vielmehr die Überzeugung, dass dieselben unbedingt mit Hohlräumen im Erdinneren in Verbindung stehen müssen, wie die folgenden Thatsachen beweisen. Bei jedem grösseren Regen bemerkt man, dass die meteorischen Gewässer an einem Punkte der Trichtersohle verschwinden, aber nicht einsickern. Wenige hundert Schritte südlich vom Dorfe Wilimowitz macht man die Wahrnehmung, dass selbst einige Tage nach einem grösseren Regen ein im Grauwackengebiete entspringendes Quellbächlein sich in einen Trichter ergiesst. Wenn man diesen Punkten der Sohle, wo sich das Wasser verliert, eine besondere Aufmerksamkeit zuwendet, so entdeckt man, dass fast jeder Trichter eine Abflussöffnung oder Saugloch besitzt, ähnlich den Sauglöchern, durch welche alle aus der Grauwacke dem Devonkalke zufliessenden Gewässer verschwinden, und welche der dortige Slave Propadání nennt.

Das Saugloch liegt selten in der Mitte, sondern entweder unmittelbar am Fusse des steilsten Abhanges des Trichters oder unweit desselben. Gelockerter Humus, aus dem einzelne grössere oder kleinere Steine hervorragen, zumeist aber Gesträuch oder Brennesselstauden kennzeichnen schon äusserlich die Öffnung, durch welche die meteorischen Gewässer ihren Weg in das Erdinnere finden. Aber auch in jene Erdtrichter, welche von Menschenhand verschüttet worden sind — und deren giebt es im Brünner Höhlengebiete fast ebenso viele als offene —, ergiessen sich die Niederschlagswässer, wie man mehrfach zu beobachten Gelegenheit hat, besonders nach eintretender Schneeschmelze. Welch' grosse Wassermengen sich an diesen Stellen verlieren, kann man am besten an einem Getreidefelde wahrnehmen. Von weitem sieht der Beobachter mitten in einem wogenden Kornfelde kreisrunde Flächen, wo die Halme auf dem Boden liegen. Aus diesem Grunde pflegen die dortigen Landleute auf den verschütteten Trichtern nicht Getreide, sondern eine andere Fruchtgattung anzubauen, vornehmlich Kartoffeln und Kraut. Ist ein ganzer Acker mit der einen oder der anderen Kulturpflanze bestellt, dann kann das Vorhandensein der verschütteten Trichter teils aus der Farbe, teils aus dem Wachstume der betreffenden Feldfrüchte konstatiert werden. Über jedem, selbst dem sorgfältigst verschlossenen Trichter, der sich unseren Augen durch keine Vertiefung des Bodens verrät, zeigt die Vegetation besonders im Spätsommer eine grössere Üppigkeit und hebt sich durch das intensivere Grün von der Nachbarschaft deutlich ab, welche bereits im vorgeschrittenen Stadium des Verwelkens und Verdorrens sich befindet. Die aus den Hohlräumen des Erdinneren strömende Feuchtigkeit ist zweifellos die veranlassende Ursache dieser für jeden Besucher auffallenden Erscheinung. Endlich kann man bei einzelnen Sauglöchern einen mehr oder minder starken Luftzug beobachten, der aus dem Erdinneren kommt.

Diese Thatsachen sprechen dafür, dass die Erdtrichter oder

Erdfälle im Brünner Höhlengebiete keine oberflächlichen Auswaschungen oder „Aushöhlungen“, sondern Abzugskanäle der Tagesgewässer sind, welche in unterirdische Hohlräume gelangen.

Dass die Räume, in welche die Gewässer gelangen, nicht abgeschlossen sind, sondern mit den Hohlräumen des Erdinneren in Verbindung stehen müssen, in denen das Wasser der Bäche zirkuliert, welche aus der Grauwacke kommen und an der Grenze derselben im Devonkalke verschwinden, kann schon daraus gefolgert werden, dass die Trichter selbst nach lange anhaltendem und starkem Regen sich nicht mit Wasser füllen. Wohl werden auf dem Plateau von Wilimowitz 2—3 Erdfälle gezeigt, welche nach einem plötzlich eingetretenen Tauwetter mit Wasser gefüllt erscheinen, aber das erklärt sich einfach aus der zu kleinen Öffnung des Saugloches, welches nicht im stande ist, die grossen Wassermassen in die Tiefe gelangen zu lassen; denn einer dieser wenigen Trichter (der oben erwähnte) füllt sich im Sommer selbst dann nicht mit Wasser, wenn nach langem Regen einige Tage hindurch sich ein Bächlein in denselben ergiesst. Was A. Schmidl mit Rücksicht auf die Karsttrichter vermutet, und W. Urban direkt behauptet hat, dass dieselben ebenso viele Merkzeichen des dem Auge der Forscher entzogenen Laufes der unterirdischen Gewässer seien, kann nach dem bisher Gesagten mit noch mehr Recht rücksichtlich der Erdfälle im Brünner Devonkalke angenommen werden.“

Prof. Trampler liess 2 Dolinen öffnen, wobei sich in der That ergab, dass die Erdfälle oder Erdtrichter mit sichtbaren Abflussöffnungen im Brünner Höhlengebiete weder eingestürzte Hohlräume, noch weniger oberflächliche Erosionsprodukte sind, sondern die oberen Öffnungen von Schloten oder Wasserschachten, welche zu unterirdischen, nicht eingestürzten Hohlräumen hinabführen, und durch welche noch jetzt die meteorischen Gewässer in die Tiefe gelangen. „Diese Hohlräume bilden einen verschwindend kleinen Teil des Rinnsales, welches sich im Laufe der Jahrtausende die unterirdisch zirkulierenden Gewässer ausgewaschen haben, die in der Grauwacke als kleinere und grössere Bächlein entspringen und unweit der Grenze der genannten Formation im Devonkalke verschwinden. Der Slave der dortigen Gegend nennt eine solche Stelle Propadání („Hineinfallen“, „Einsturz“ oder „Verlust“).

Dass das in der Tiefe aufgefundene Wasser nicht ein stehendes ist, welches sich in dem vollständig abgeschlossenen Hohlraume etwa durch beständiges Durchsickern meteorischen Wassers gesammelt hat, bewies das Vorhandensein von Holzklötzen in den Höhlen. Von oben konnten dieselben unmöglich in die Tiefe gelangen, da nicht nur der geöffnete, sondern sämtliche Erdtrichter der Umgebung geschlossen sind, und da selbst im Falle einer zufälligen und vorübergehenden Eröffnung eines derselben die Konfiguration und die absolute Erhebung des Bodens in den nächsten Waldgebieten, aus denen die Klötze stammen mussten, ein Einschwemmen derselben

von oben her unmöglich erscheinen lassen. Nur unterirdisch fliessendes Wasser vermochte das Holz in das Wasserbecken zu bringen.

Karsterscheinungen am Dachsteinplateau. Franz Kraus weist darauf hin[1]), dass die Karsterscheinungen nicht auf jenen Landstrich beschränkt sind, welchen man mit dem Namen Karst bezeichnet, sondern dass sie fast auf allen Kalkplateaugebirgen vorkommen, und zwar mitunter in einer Grossartigkeit, dass sie jenen Erscheinungen kaum nachstehen, welche der Reisende auf der Fahrt von Laibach nach Triest mit Erstaunen erblickt. Auch ist es Thatsache, dass man Karsterscheinungen in den verschiedenartigsten geologischen Altersschichten kennt, vom Devon bis zur Kreide, und es giebt nach übereinstimmender Aussage aller Karstforscher keinen prinzipiellen Unterschied in diesen Erscheinungen, wenngleich sich dem Auge des Laien ein solcher darstellen sollte, wo durch menschlichen Eingriff die Spuren schon teilweise verwischt sind, oder wo der Karstprozess schon so weit fortgeschritten ist, dass er nur mehr für den Fachmann erkennbar ist. Der Karstprozess ist nichts anderes als ein eigentümlicher Thalbildungsprozess, bei dem die oberirdische Erosion durch eine unterirdische kräftig unterstützt wird. Ist der Thalbildungsprozess vollendet, so ist es oft selbst für einen Fachmann schwer, zu erkennen, ob hier die oberirdische Erosion allein mitgewirkt hat, oder ob eine Unterwühlung den Vorgang beschleunigen geholfen hat. Bei näherer Untersuchung wird er bald erkennen, dass hier noch Bruchstellen in Steilwänden und am Fusse derselben Trümmerwerke sichtbar sind, die, durch Sand und Grus nur notdürftig überdeckt, den Schluss erlauben, dass man es mit Einbrucherscheinungen zu thun habe.

Die Karsterscheinungen am Dachsteinplateau dehnen sich nicht nur über das ganze Gebiet des Dachsteinstockes aus, sondern auch über die von ihm getrennten benachbarten Gebirge, welche den gleichen Aufbau besitzen, wie den Geimming, das Ramsaugebirge und das tote Gebirge, und sie lassen sich auch noch viel weiter hin verfolgen, so weit es Plateauberge giebt oder solche, die es einst waren. Seinen Plateaucharakter hat das Dachsteinmassiv in unverkennbarer Weise erhalten. Es giebt ausgedehnte Strecken von anscheinend ebenem Charakter, deren leichte Wellen aus der Entfernung ganz unbedeutend erscheinen. In der Nähe aber bemerkt man zu seinem Verdrusse, dass dazwischen tiefe Einsenkungen verborgen liegen, die zu einem oftmaligen Auf- und Absteigen oder zu grossen Umwegen nötigen, bei denen man leicht die Orientierung verlieren kann. Von welcher Seite man auch das Plateau erreicht, überall trifft man bald auf Karsterscheinungen, ja selbst am Fusse und am Gehänge giebt es deren, wiewohl man zumeist achtlos daran vorübergeht, ohne ihre Zusammengehörigkeit zu dem Karsttypus zu erkennen. Trockene Höhlen und Riesenquellen sind es besonders, die hier in betracht kommen.

[1]) Gaea 1893 p. 325.

Unterirdische Wasser. C. Ochsenius stellt hierüber mehrere Betrachtungen an[1]). Die Wasser der artesischen Brunnen in der Sahara führen oft kleine Wassertiere (mit Augen versehene Fische, Krabben, Mollusken u. s. w.) mit. Es müssen sonach lange Kanäle in der Tiefe existieren, durch welche die Tiere ihren Weg nehmen, nicht bloss durchlässige Schichten. Verf. glaubt, dass verschiedene Ströme, die einige als vom regenreichen Süden herkommend ansehen, im Grunde der Sahara ins Mittelmeer münden.

Die Entstehung der Tropfsteinhöhlen bei Rübeland im Harze schildert Dr. Kloos[2]). Neben den drei grossen Höhlen (Baumanns-, Biels- und Hermannshöhle), welche eine Gesamtlänge von etwa 1500 *m* besitzen, giebt es dort noch mehrere kleinere, meist langgestreckte und meist mit Schutt erfüllte Höhlengänge. Alle zeigen eine so völlige Übereinstimmung ihrer Veranlagung, dass man sie, trotzdem sie getrennt und ohne Zusammenhang erscheinen, als ein einziges Höhlensystem betrachten kann. Sie stellen im wesentlichen unterirdische Flussläufe dar, deren Richtung durch den Verlauf der Spalten und Klüfte in dem Kalksteinmassive vorgeschrieben war. „Zwei von der Gegenwart abweichende Verhältnisse wirkten zusammen, um die vielfach verzweigten, in mehreren Etagen übereinander liegenden überwölbten Kanäle zu schaffen. Einmal war der Harz in früheren geologischen Perioden bedeutend wasserreicher, und zweitens sind in einem höheren, jetzt vom Wasser zerstörten und abgetragenen Teile des Kalksteins die Spalten weiter, das Gebirge ist felsiger und mehr zerstückelt gewesen. Allmählich haben die Gewässer ihre Rinnen ausgehoben und immer tiefer in das feste Gestein eingeschnitten. Zuerst fanden sie weite, offene Spalten vor, in welche sie versanken, um unterirdisch ihre ausspülende und auflösende Thätigkeit fortzusetzen; erst als die Spalten enger wurden, konnte der unterirdische Flusslauf teilweise erhalten bleiben. So besteht jetzt jede Höhle aus einem Systeme von Teilstrecken aller Flussläufe, die in der Einfallrichtung der Spalten schräg übereinander liegen und durch riesige Trümmerhaufen, zum Teile auch durch glatte, schornsteinartige Schloten miteinander in Verbindung stehen. Den unterirdischen Flusslauf erkennt man an dem annähernd horizontalen Verlaufe, an der Gewölbeform seiner Decke und der hohlkehlartigen Auswaschung der seitlichen Wände. Die durch Ein- und Nachsturz entstandenen Teile geben sich durch scharfe Konturen und durch die dachförmige Begrenzung nach oben zu erkennen." Das Vorhandensein von Flusskies und stark gerollten fremden Gesteinen lässt jeden Zweifel an der Natur dieser Schwemmhöhlen schwinden. Im Gegensatze zu vielen anderen grossen, in gleicher Weise entstandenen tektonischen Höhlen haben die unterirdischen

---

1) Zeitschrift f. prakt. Geologie 1893. **1.** p 36.
2) Zeitschrift f. prakt. Geologie 1893. **1.** p. 157.

Räume bei Rübeland gegenwärtig keinen bedeutenden unterirdischen Flusslauf aufzuweisen.

Die Entstehung der Mineralquellen schildert Dr. A. Goldberg[1]). Diese wie alle übrigen Quellen werden in den allermeisten Fällen durch meteorische Wasser gespeist und treten einfachen und hydromechanischen Gesetzen zufolge oder unter Mitwirkung der im Erdinneren unter starkem Drucke befindlichen Kohlensäure oder anderer Gase zu Tage. Zur Bildung der Säuerlinge bedarf das Wasser in erster Linie der Kohlensäure sowie günstiger Temperatur- und Druckverhältnisse. F. A. A. Struve lieferte zuerst den experimentellen Beweis für die Bildung der Säuerlinge durch Auslaugung und zeigte ferner, dass die Salze der Mineralwässer in der Gebirgsart, der sie entstammen, entweder bereits vorhanden sind oder wenigstens ihre Stammmineralien haben und sich unter geeigneten Verhältnissen dem Wasser mitteilen. Die reichlichen Mengen Kohlensäure, welche die Säuerlinge teils in freiem, teils in chemisch gebundenem Zustande mit sich bringen, entstammen wahrscheinlich Prozessen, die sich im feuerflüssigen Erdinneren abspielen. Die meisten Bitterwässer stehen in genetischer Beziehung zu kieshaltigen Dolomitmergeln, so die Bitterwasser von Saidschütz in Böhmen und Hunyadi-Janos. Die Bildung der Kochsalzquellen und Solen ist wahrscheinlich im allgemeinen auf einen einfachen Lösungsprozess zurückzuführen; man kann sie einteilen in solche, welche ihren Salzgehalt aus der Tiefe des Erdinneren beziehen (heisse und kohlensäurehaltige Kochsalzwässer, manche Gruben- und Schachtwässer), und solche, welche dem Gebiete der Steinsalzlager oder Salzthonschichten entstammen. Die Schwefelwässer entstehen auch auf verschiedene Weise, es findet z. B. eine Reduktion der natürlichen Gips- oder Sulfatwässer zu Schwefelwässern statt, wenn dieselben durch Moräste, bituminöse oder kohlige Schichten hindurchsickern. Gleichzeitig vorhandener freier Schwefelwasserstoff ist dann das Produkt der Zersetzung der Sulfide durch Kohlensäure. In diesem Sinne erklärt Wöhler das Entstehen des Nenndorfer Schwefelwassers, Bischof die Bildung der warmen und aus grösserer Tiefe kommenden Aachener und Burtscheider Schwefelquellen, und die gleiche Erklärung dürfte für die meisten Schwefelquellen des Festlandes gelten. In der Nähe von Vulkanen bilden sich Schwefelquellen auch durch Aufnahme des ausgestossenen Schwefelwasserstoffs. Die kalten, sogenannten erdigen Mineralwässer, welche in bezug auf qualitative Zusammenstellung den gewöhnlichen harten Wässern am nächsten kommen, haben meist auch eine ähnliche Entstehungsweise wie diese, nur begünstigen lokale Verhältnisse die Anreicherung an Bestandteilen. Sie finden sich darum auch unter den verschiedensten Bedingungen in allen möglichen geologischen Formationen. Die warmen erdigen Quellen (Leukerbad, Lippspringe u. s. w.) kommen natürlich aus grösserer Tiefe, und ihre Bildung dürfte derjenigen der heissen alkalisch-sulfatischen Wässer ähnlich sein.

[1]) Zeitschrift f. prakt. Geologie 1893. 1. p. 92.

10. Flüsse.

Die alten Neckarbetten in der Rheinebene sind Gegenstand eingehender Studien von A. Mangold gewesen[1]). Schon im vorigen Jahrhunderte ist die Frage eines ehemaligen Laufes des Neckar entlang der Bergstrasse ventiliert worden, doch kam man nicht zu sicheren Ergebnissen. Erst die ausführlichen Untersuchungen des Untergrundes, welche Mangold 1882—1886 zum Zwecke der Ausführung von Meliorations- und Entwässerungsanlagen vornahm, lieferten ein umfangreiches und unzweideutiges Beweismaterial.

Verf. erinnert zunächst daran, dass für jeden natürlichen Wasserlauf u. a. die Häufigkeit und Form der Flusskrümmungen oder Schleifen charakteristisch ist. Die Rheinschleifen sind einander ähnlich, sowohl diejenigen, die noch vom Strome durchflossen werden, als die längst verlandeten alten Rheinketten auf der ganzen Strecke von Germersheim bis gegen die Mainmündung herab. Von den Rheinschleifen wesentlich in Form und Grösse unterschieden, aber wieder unter sich ähnlich ist die Reihe von Flussbettschleifen, welche sich von Trebur bis in die Gegend von Heidelberg und Schwetzingen verfolgen lassen. Sie heben sich im nördlichen Teile, dort nur wenig tiefer als das übrige Gelände gelegen, durch ihre Kulturart als Wiese in der Karte meist scharf ab, im südlichen Teile sind sie in der Regel tief in das Gelände eingeschnitten, und in der Generalstabskarte, wenn auch vielfach mangelhaft, eingezeichnet. In Form und Grösse ähnlich sind die Schleifen bei Berkach, südlich Dornheim, bei Weiler Hof, Crumstadt, Eschollbrücken, südlich Pfungstadt, bei Rodau, östlich Lorsch, diejenigen östlich Trebur, bei Heddesheim und südlich Brühl. Letztere ähneln wieder den Schleifen des gegenwärtigen Neckarlaufes bei Ilvesheim, südlich Wohlgelegen und östlich Mannheim. Endlich ist eine gewisse Ähnlichkeit des Neckarlaufes in der Ebene mit der Gebirgsstrecke zwischen Heidelberg und Eberbach unverkennbar.

Die Ähnlichkeiten und Unterschiede lassen sich auch nach Mass und Zahl feststellen. So ist der Halbmesser des das konkave Ufer einer Schleife berührenden und der Schleife eingeschriebenen grössten Kreises, der sogenannte Krümmungshalbmesser des Rheines in den gegenwärtigen und früheren Schleifen durchschnittlich 1200 *m*, derjenige des Neckar in den gegenwärtigen Schleifen etwa 400, in den früheren 400—550 *m*. Beim Rheine ist das Gebiet, innerhalb dessen seine Schleifen liegen, durchweg beträchtlich tiefer wie das Gelände zu beiden Seiten und tiefer als die gewöhnlichen Hochwasser. Es liegen hier nicht nur die alten Schleifen selbst, sondern auch das von den Schleifen umfasste Gelände noch wesentlich tiefer als die Ebene. Der Rhein hat einen „Graben“ von 7 bis 11 *km* Breite

---

[1]) Abhandlungen der grossherzogl. hess. geolog. Landesanstalt zu Darmstadt 2. Heft 2. p. 63 u. ff.

erodiert. Im Gebiete der Neckarschleifen liegen die Verhältnisse wesentlich anders. Hier ist das Gelände innerhalb der Schleifen ebenso hoch wie ausserhalb, ja an einzelnen Punkten, wie südlich Dornheim, südlich Nauheim und bei Wasser-Biblos werden die Zentren der Schleifen von hohen Dünen gebildet. Bei der Rheinniederung liegen die Sümpfe, tiefen Wiesen- und Waldflächen samt den Betten selbst innerhalb der den Graben bildenden Schleifenzüge. Beim Neckar liegen dagegen ausgedehnte Sümpfe und Wiesenflächen seitlich und ausserhalb des Gebietes der Schleifenzüge, wie z. B. zwischen Hemsbach und Lorsch, zwischen Eschollbrücken und Griesheim und zwischen Griesheim und Büttelborn.

Die von dem Verfasser in den Jahren 1882—1884 ausgeführten Vorarbeiten für die Entwässerung der Rheinniederung zwischen Trebur und Erfelden und die 1884—1886 zum Zwecke der Aufstellung eines Projektes über die Entwässerung des sogenannten Landgrabengebietes d. i. der versumpften Flächen zwischen Trebur, Gross-Gerau, Griesheim, Eschollbrücken bis zur Modau angestellten Untersuchungen gaben Gelegenheit, sowohl die verlandeten Rheinschleifen zwischen Trebur und Erfelden, als auch die alten Neckarbetten durch eine grosse Anzahl von Bohrungen zu erforschen.

Später wurden auf Veranlassung der geologischen Landesanstalt eigens zum Zwecke der in Rede stehenden Untersuchung Bohrungen veranstaltet. Diese Bohrungen ermöglichten u. a. die Feststellung einer grossen Anzahl vollständiger Querprofile und eines, wenn auch lückenhaften, doch streckenweise ausführlichen Längenprofils. Die Querprofile zeigen zunächst alle charakteristischen Eigenschaften echter Flussquerprofile. Breite, Tiefe und Flächeninhalt schwanken innerhalb nicht allzuweiter Grenzen. Der geringeren Breite entspricht in der Regel die grössere Tiefe. Die grössten Tiefen finden sich in den stärksten Krümmungen. In Krümmungen ist regelmässig das konkave Ufer steil bis senkrecht, das konvexe sanft ansteigend bis flach. Das Bett besitzt einen ausgesprochenen Thalweg, der innerhalb des serpentinierenden Bettes selbst serpentiniert, d. h. sich abwechselnd an die eine oder andere Seite, in stärkeren Krümmungen immer an das konkave Ufer anlehnt. Im Vergleiche zum Rheine zeigt das Querprofil bedeutend geringere Abmessungen. Dagegen ist es um ein vielfaches grösser als das Profil irgend eines Odenwaldbaches. Wie die Querprofile zeigt auch das Längenprofil, dass wir es mit dem echten Bette eines Flusses zu thun haben. Die Sohle hat eine wellenförmige Gestalt und zeigt im Thalwege eine wellige — im verzerrten Profilbilde zackige — Form, wie jeder andere Wasserlauf. Die Differenzen zwischen den Thälern und Höhen des Thalweges betragen 2 *m* und ganz ausnahmsweise auch bis zu 4 und 5 *m*, sind also kleiner als die des Rheins, der beispielsweise auf der hessischen Strecke 3 bis 4, ausnahmsweise auch bis zu 7 *m* aufweist, und bedeutend grösser, als es irgend einem Odenwaldbache hätte zukommen können.

Wo ein Bach oder Fluss aus engem Seitenthale mit starkem Gefälle in ein Hauptthal mit schwächerem Gefälle oder in eine Ebene tritt oder in einen See mündet, findet man in der Regel seinen Schutt in Form eines Kegels, des sogenannten Schuttkegels, abgelagert und seinen Lauf im allgemeinen nach einem bestimmten Strahle dieses Kegels gerichtet vor. Die Bildung des Kegels erfolgt dadurch, dass der Fluss successive in verschiedenen Richtungen, bezw. allen Richtungen des Kegels fliesst. Zum Fliessen mit gleichzeitigem Geschiebetransporte bedarf er einer Rinne, eines Bettes, denn die Geschiebe, welche in geschlossenem Bette herbeigewandert sind, können von einem etwa sich flach ausbreitenden Wasser nicht mehr weitergeschoben werden. Durch lokale Verstopfung einer Rinne wird die Ausbildung einer neuen eingeleitet und die erstere trocken gelegt. Infolge dessen finden wir in der Regel auf den Schuttkegeln die Spuren früherer verschieden gerichteter Wasserläufe.

Der Schuttkegel des Neckars ist deutlich erkennbar. Mit Heidelberg als Spitze zieht sich seine Basis, im Süden am Gebirge zwischen Rohrbach und Leimen beginnend, über Bruchhausen, Oftersheim, Schwetzingen, Brühl und Neckarau bis in die Gegend von Mannheim, von da über Wohlgelegen und Viernheim nach Gross-Sachsen, wo sie wieder ans Gebirge anschliesst. Ausserhalb dieser Linie setzt sich der Schuttkegel, bedeckt von anderen Schichten, in die Tiefe fort und mag sich im Süden vielleicht bis Hockenheim erstrecken.

Die Hauptmasse dieses Schuttkegels wurde nach Mangold wahrscheinlich zu der Zeit abgelagert, als die Rheinebene noch ein See war. Sicher sei, dass der Fluss nach der Absenkung des Seewasserspiegels noch Gelegenheit hatte, allenthalben mindestens auf die obersten Schichten des Schuttkegels um- und weiterbildend einzuwirken. Er floss zu verschiedenen Zeiten nach den verschiedensten Richtungen. Da das Gefälle von der Spitze des Kegels nach den verschiedenen Seiten gleich war, war es reiner Zufall, welche Richtung von dem Flusse zuerst eingeschlagen, welches Bett zuerst in die Schuttmassen eingeschnitten wurde. Von irgend einem besonderen natürlichen Vorkommnisse hing es wieder ab, dass dieses Bett etwa durch Eisversetzung oder durch die eigenen Geschiebemassen an irgend einer Stelle verstopft, unter Ausbildung eines anderen Laufes ausser Thätigkeit gesetzt, trocken und mit Sand, Lehm oder Schlick zugeflösst wurde oder auch wenig bis gar keine Absätze mehr zugeführt erhielt. So entstanden eine Reihe von Betten, welche sich als Rinnen und Mulden bis heute mehr oder weniger deutlich erhalten haben.

Mangold führt die verschiedenen alten Läufe im einzelnen auf und giebt eine kartographische Darstellung derselben. Der längste und merkwürdigste unter ihnen ist der alte Lauf längs der Bergstrasse, welcher 47 *km* nördlich von Mannheim in eine alte Rheinschleife mündete. Dass dieser Lauf nicht westlich umbog, sondern dem Rheine parallel blieb, findet seine Erklärung in dem

Vorhandensein der Dünen. Bezüglich des geologischen Alters der verschiedenen Betten, der durchschnittenen Schichten und der Ausfüllung der Betten bemerkt Mangold folgendes:

„Das älteste Glied in der Reihe der hier in betracht kommenden Schichten sind die mächtigen, die ganze Rheinthalspalte erfüllenden Ablagerungen des Rheins und seiner Nebenflüsse. Letztere wie auch der Neckar lagerten ihr Geschiebe in der Regel den Thalmündungen in Kegelform vor, während gleichzeitig der Rhein an den jeweiligen Kegelrändern sein Geschiebe in horizontalen Schichten wechsellagernd mit den Geschieben der Seitenflüsse absetzte, wie dies für den Neckar bei Schwetzingen, Seckenheim und Feudenheim durch Kiesgruben, bei Käferthal durch Bohrungen nachgewiesen ist.

In diesen ältesten Ablagerungen sind, ohne an bestimmte Horizonte gebunden zu sein, alle Arten von Sedimenten vom feinsten Schlicke bis zum gröbsten Geschiebe vertreten. Ihre Entstehung fällt in die Diluvialzeit, und ist nach R. Lepsius die bei weitem grösste Masse der Sande und Geschiebe der mittleren Diluvialzeit zuzurechnen. Bemerkenswert ist, dass scharf markierte Flussbetten oder Rinnen aus dieser Zeit fehlen. Erklärlich ist dies durch die Annahme, dass die Ablagerung in einem See stattfand.

Nach Ablauf des Sees mussten die Sande, wahrscheinlich begünstigt durch ein trockenes Klima, ein Spiel der Winde werden. Sie wurden auf weite Strecken flach ausgebreitet oder zu hohen, 10—15 *m* mächtigen Dünen aufgeweht und sind dem oberen Diluvium zuzuzählen. Welchen Lauf zu dieser Zeit der Neckar inne hatte, ist noch nicht ermittelt oder gefunden.

Der Bergstrassenlauf des Neckars fällt in eine spätere Zeit, was daraus zu schliessen ist, dass trotz relativer Vollständigkeit der Untersuchung die Zufüllung eines Bettes oder einer älteren Schleife durch Flugsand nirgends gefunden ist.

Nach Ablauf der jüngsten Diluvialzeit trat eine energische Thätigkeit der Bäche und Flüsse ins Leben. Sie begannen, die tieferen Lagen der Erdoberfläche mit ihren Betten zu durchfurchen und mit den Alluvionen ihrer Hochwasser zu bedecken. Wo der Flugsand geringere Mächtigkeit hatte oder ganz fehlte, reichten die Betteinschnitte bis in die obersten Schichten der mitteldiluvialen Sand- und Geröllablagerungen.

Dabei blieben die höheren Lagen des jüngsten Diluviums, die Dünen, wasserfrei und massgebend für die Konfiguration der Wasserläufe. Sie bildeten Schranken, welche nur an ihren relativ tiefsten Punkten von Wasserläufen überschritten werden konnten und alsdann wegen ihrer Leichtbeweglichkeit alsbald durchgespült werden mussten.

Beim Neckar war der nördlich gerichtete Hauptdünenzug die Schranke, welche den Bergstrassenlauf einleitete und lenkte, wobei ihre Ränder vom Flusse vielfach an- und ausgeschnitten wurden,

wie z. B. sehr schön an der grossen Pfungstädter Schleife, wo die Dünen steilrandig und halbkreisförmig vom Flusse ausgeschnitten sind, zu sehen ist.

An die mineralischen Alluvionen der Flüsse und Bäche, welche, wenn auch heute durch die vielfachen Regulierungen an Menge verringert, bis in die Gegenwart reichen, schliesst sich die ebenfalls heute noch fortdauernde Bildung der Humusböden. Es heben sich die Einschnitte und Alluvionen der Bäche und Flüsse und die Humusböden von den älteren Schichten allenthalben scharf und deutlich ab und sind im Gegensatze zu diesen der Diluvialzeit zuzurechnen.

Bemerkenswert ist die Thatsache, dass während der alluvialen Zeit stärkere Niveauveränderungen in dem behandelten Gebiete des Neckars nicht vorgekommen sind, dass sich vielmehr überall eine ungestörte normale Lagerung der Schichten vorfindet. Dagegen scheinen geringere Niveauveränderungen, auf grössere Strecken hin verteilt, nicht ausgeschlossen zu sein."

Der Stromlauf der mittleren Oder wurde von Richard Leonhard studiert und in einer Dissertation dargestellt. Schlesien, dessen Boden drei verschiedenen orographischen Provinzen angehört: den Sudeten, der oberschlesisch-polnischen Platte und dem norddeutschen Flachlande, wird durch ein Flussnetz zu einer geschlossenen Einheit, die nur nach Norden zu der natürlichen Grenze entbehrt. Die Oder und ihre Nebenflüsse, die in regelmässiger Verteilung, nur wenig abwärts verschleppt, ihr zuströmen, verbinden die orographisch getrennten Teile Ober- und Niederschlesiens zu einem einheitlichen Gebiete, dessen hydrographischer Grenze, der Wasserscheide, auch die politische auf grossen Strecken hin folgt. Das Bild einer Mulde für das Gebiet des Oderstromes würde eine falsche Anschauung erwecken, da es gegen Osten ohne namhafte Anschwellung in das Einzugsgebiet der ihr fast ebenbürtigen Warthe übergeht. Die beiden Seitenflügel des Odersystemes sind an Grösse zwar annähernd gleich, an Gefälle und Wasserführung aber völlig ungleichwertig. Der obere Lauf des Stromes erstreckt sich nach Penck über einer Verwerfung, die jünger ist als die Kreidezeit. Die Erfahrung, dass der tertiäre Untergrund im Oderthale erst in bedeutenderer Tiefe erbohrt wird, als anderwärts, macht es wahrscheinlich, dass wenigstens am Ende der Tertiärzeit sich hier ein Strom von gleicher Lage und Neigung befand, welcher dem diluvialen Oderstrome seinen Weg zum grossen Teile vorzeichnete.

Das von Norden her vorrückende Binneneis unterbrach die Thätigkeit der tertiären Flüsse und begrub Schlesien bis an den Bruchrand des Gebirges unter seiner bis zu 400 *m* mächtigen Masse. Die oberste Grenze der nordischen Blöcke, welche das Eis herbeitrug, liegt in 520 *m* Meereshöhe.

Der zweite Vorstoss der Vereisung erreichte Schlesien nicht mehr. Das Zurückweichen des älteren Inlandeises bezeichnet demnach den Beginn der Ausbildung des Oderstromes in Schlesien.

Hinter dem Rande des sich zurückziehenden Eises aufgestaut, durch dessen Schmelzwässer verstärkt, gewann das Flusssystem der Oder schrittweise sein Gebiet wieder, bis zeitweiliger Stillstand des Eisrandes den Strom zum Abflusse gegen Westen hin zwang.

Die Vorbedingungen zur Bildung des Oderthales waren in Ober- und Niederschlesien verschieden. Der Oberlauf des Hauptstromes musste sich ebenso wie die Gewässer, welche ihm vom Gesenke, den Beskiden und der oberschlesischen Platte zuströmten, unter der dünnen Decke des Diluviums in festes Gestein einschneiden und wiederholt Felsriegel durchbrechen, zum letzten Male bei Gross-Döbern.

Von dieser Stelle ab, von der an die Oder der allgemeinen Abdachung des Landes entsprechend nach Nordwesten fliesst, ist der Mittellauf des Stromes zu rechnen. Er durchschneidet hier nur Diluvium und entblösste nur an einigen Stellen den tertiären Untergrund. Erst die Landrücken traten dem Abflusse der Oder hemmend entgegen. Eine südliche, vollständige Umgehung der Trebnitzer Hügel war durch die Höhenverhältnisse unmöglich. Allein die lockeren Gebilde der vom Volksmunde als Katzenberge bezeichneten Diluvialmassen, welche sich an einen Kern wenig widerstandsfähiger Schichten der tertiären Braunkohlenformation anlehnen, konnten kein dauerndes Hindernis bieten. Das vor dem Hügelzuge zum See angestaute Wasser durchbrach denselben zwischen Leubus und Parchwitz und schnitt sich in nordwärts gerichtetem Laufe tiefer in ihn ein. Der Durchbruch durch diesen südlichen Landrücken, der sich bei Wohlau in 2 Arme spaltet, bis zum zweiten Durchbruche bei Koeben ist 6 Meilen lang. Zwischen Steinau und Koeben schliesst sich der Freistädter Hügelzug an, die Wasserscheide zwischen Oder und Bober. Es ist unmöglich, dass die Oder an seinem Südrande entlang floss und in das Bett des Bober trat, bevor sie ihren gegenwärtigen Lauf einnahm, wie Jäkel vermutete. Es giebt kein Thal, welches diesen Landrücken mit einer Neigung nach Westen hin durchbricht. Die Oder trat vielmehr in die grosse Sammelrinne vor dem Rande des zu weichenden Inlandeises, welche Berendt das Glogau-Baruther Thal genannt hat. Diese breite Niederung wird gegenwärtig von der gefällsarmen Bartsch durchflossen; dann folgt ihr die Oder bis Neusalz und hierauf deren kleine Nebenflüsse Schwarze und Ochel. Eine geringe Änderung des Gefälles in neuester Zeit scheint für diesen Teil der Niederung nicht ausgeschlossen werden zu dürfen. In derselben Richtung und Lage, in welcher der alte Thalzug nach Berendt unterhalb von Naumburg über Sommerfeld nach dem Spreewalde verlief, floss nach Martin Helwig's Karte (1561) und Nikol. Pol's Beschreibung der Sieger, ein Wasser des Freistädter Zuges, bis zu seiner Mündung in den Bober unterhalb von Naumburg, während er jetzt in entgegengesetzter Richtung fliesst und unterhalb Neusalz in die Oder mündet. Der Mangel einer genauen Aufnahme des Gebietes erlaubt nicht einmal, den gegenwärtigen Betrag des Gefälles anzugeben.

Nachdem der Eisrand weiter gegen Norden zurückgewichen war, durchbrach die Oder die Hügel des Grünberger Zuges und verstärkte den Abfluss eines Sammelthales, welches dem älteren parallel in noch bedeutenderer Ausdehnung verlief. Dieser Thalzug, von Berendt der Warschau-Berliner genannt, verband die Thäler der Weichsel, Bzura, der Warthe bis Moschin, der Obra, der Oder, der Niederung des Friedrich-Wilhelm-Kanals und der Spree. Da indes die Warthe bei Moschin 8 *m* tiefer liegt als der Obrabruch, so müsste angenommen werden, dass die Warthe seitdem ihr Bett um 10—15 *m* tiefer eingeschnitten hat.

Als sich beim weiteren Rückzuge des Eises der Abfluss weiter nördlich in die Niederung der Netze und Warthe verlegte, stellten 2 Querthäler die Verbindung der beiden Thalzüge her. Es scheint die Oder zunächst in dem Laufe der unteren Obra durchgebrochen zu sein, durch welchen sie die Warthe bei Schwerin und weiter unterhalb das neue Bett des Thorn-Eberswalder Thales erreichte. Dieses breit ausgewaschene Thal, welches das von Oder und Warthe begrenzte Gebiet, das noch im dreissigjährigen Kriege Insel Sternberg hiess, gänzlich umschloss, führte noch im vorigen Jahrhunderte regelmässig das Hochwasser ab, das zwischen Boyadel und Tschicherzig in den Obrabruch trat. Der Durchbruch des jetzigen Laufes bei Frankfurt mag wenig später erfolgt sein.

Von diesen durch die Durchbrechungen der Landrücken festgelegten Grenzen wich der Strom seither nur wenig ab. Die Verlegungen seines Laufes vollzogen sich innerhalb der von ihm ausgewaschenen Niederungen, deren Breite nirgends 2 Meilen übersteigt. Dieses Thal ist das Werk der seitlichen Erosion des Stromes.

Die Sinkstoffe der mittleren Oder bestehen hauptsächlich aus ziemlich grobem Sande, erst in der Glogauer Niederung erscheint derselbe feinkörniger. Indem die Ablagerungen, welche ein Strom bei niedrigem Stande fallen lässt, Anlass zu einer verschiedenen Geschwindigkeit der Wasserbewegung und zu einem Drängen des Stromstriches nach der Seite der schnellsten Bewegung geben, wird das Ufer an dieser Seite stärker angegriffen, unterwaschen und fortrückend abgespült, während auf dem anderen Ufer Sinkstoffe zur Ablagerung gelangen. Die Kurve des Ufers wird immer konkaver, bezw. konvexer bis zur Form fast völlig geschlossener Ellipsen. „Wasserführung, Geschwindigkeit des Abflusses und Beschaffenheit von Ufer und Sinkstoffen bedingen die Kraft der Erosion, welche sich in der Grössengrenze der Windungen äussert, die für die einzelnen Stromstrecken immer die gleiche bleibt. Die Grösse der Oderschlingen bleibt schon wegen der geringeren Wassermenge bei weitem hinter den Krümmungen der Elbe und des Rheines zurück. Während die des Oberrheines in der Pfalz einen Halbmesser von durchschnittlich 1200 *m* besitzen, erhebt sich derjenige der Windungen der mittleren Oder nicht viel über die Hälfte dieses Betrages. Gewöhnlich entsprechen einander je zwei zusammengehörige Krümmungen,

indem die Biegung der oberen Strecke die der unteren zur Folge hat. Ein vorwiegendes Drängen des Stromes nach einer der beiden Seiten lässt sich auf der mittleren Oder nicht erkennen. Es trägt vielmehr der Fluss, welcher, durch zufällige Hemmnisse im Strombette veranlasst, bald nach der einen, bald nach der anderen Seite ausbiegt, sein Korrektiv in sich, indem er bei allzustarker Krümmung des Laufes in der Richtung der früheren Stromaxe durchbricht. Solche Durchbrüche erfolgen, wenn die Ellipse die Grenze ihrer Ausbildung erreicht hat, bei Hochwasser und meist infolge von Eisversetzung. Vielfach durchbricht auch der Strom 2 Krümmungen, die ihre Scheitel einander genähert haben, in ihrer Mitte. Auf diese Weise verkürzt er sein Bett, dessen Krümmung wieder aufs neue beginnt.

Aber nicht nur derartige Verkürzungen des Bettes, sondern auch Verlegungen des Laufes, welche eine weite Biegung veranlassten, fanden häufig statt, mitunter in grossem Umfange. Daher finden sich alte Niederungen, welche zum Teile niedriger liegen als das spätere Flussbett, und welche als die kürzeren Thäler noch lange Zeit, nachdem der Strom sie verlassen, sein Hochwasser abführten; die grössten derselben sind das Thal der Flossbäche zwischen Stoberau und Jeltsch, das Ohlethal bis Breslau und die Niederung zwischen Leschkowitz und Glogau. In dieser Weise verlegte und verschob der Strom dauernd sein Bett, so dass fast jede Stelle der Niederungen, die er auswusch und dann wieder mit den Absätzen seiner Hochfluten bedeckte, einmal Teil des Flussbettes war. Indes ragen noch zahlreiche Inseln des Diluviums aus den jüngeren Anschwemmungen hervor. Die Ausdehnung der letzteren lässt sich noch nicht genau angeben, da die Eintragungen der Karte des niederschlesischen Gebirges für den mittelschlesischen Teil ungenügend sind, und solche für Niederschlesien gänzlich fehlen. Auch treten die Grenzen der Flussniederungen selten scharf aus dem Gelände hervor. Beträchtlichere natürliche Anhöhen bestehen nur auf dem linken Ufer der Brieger Niederung, längs des Trebnitzer Landrückens, sowie innerhalb desselben, beim Durchbruche durch den Grünberger Höhenzug und am Nordrande des mittleren Thalzuges.

Bis zu diesen Grenzen dehnten sich wohl auch die Überschwemmungen der alten Zeit aus, die bei dem im Vergleiche mit dem heutigen geringen Gefälle und der geringeren Stromtiefe eine grössere Breite und Dauer erreichten als gegenwärtig. Laubwälder, meist von Eichen gebildet, bedeckten die Niederungen; nur wenige dürftige Reste der alten Uferwälder, darunter der Maltscher Oderwald, geben einen Begriff von der ursprünglichen Beschaffenheit.

Indem der Strom sich durch diese Waldungen seinen Weg bahnte, entwurzelte und begrub er in seinem Bette zahllose Stämme. Von diesen liegt, nachdem bereits durch 6 Jahrhunderte an ihrer Hebung gearbeitet worden ist, noch eine grosse Zahl in der Tiefe des jetzigen Strombettes und gefährdet die Schiffahrt.

Der Verfasser bespricht nun die künstlichen Veränderungen des Stromlaufes, der sich noch im späteren Mittelalter in völlig ungeregeltem Zustande befand. Die Schutzmassnahmen konnten nach Lage der Dinge früher nur lokale und ungenügende sein. Es entstanden, meist nur alten Uferhöhen folgend, die ersten, schwach angelegten Verwallungen, deren Anfänge von amtlicher Seite ins 13. Jahrhundert angesetzt werden, oft mehr dem abwärts angesiedelten Nachbar zur Gefahr, als zum eigenen Nutzen. Eine Verpflichtung zum Deichbaue bestand nicht, wohl aber ergingen mitunter seitens der Fürstentumsregierungen Ermahnungen zur Anlegung und Besserung der Dämme.

Erst mit der Besitzergreifung Schlesiens durch Preussen begann eine planmässige Regulierung der Oder, bei der auch die Bedürfnisse der Schiffahrt Berücksichtigung fanden. Die Kriegsjahre der Napoleonischen Zeit unterbrachen die Thätigkeit der Behörden, und der Strom verwilderte derart, dass die Regulierung ganz von neuem beginnen musste. Dieselbe war in der Folgezeit ausschliesslich darauf gerichtet, den Fluss in seiner gegenwärtigen Lage festzuhalten. Über diese Regulierungsarbeiten, von dem Plane vom 7. Juli 1819 bis zu ihrem vorläufigen Abschlusse 1884 berichten die amtlichen Druckschriften: Anfangs beschränkten sich die Massnahmen auf die Befestigung der Ufer und Beseitigung der Sandbänke, später ging man zur Einschränkung des Strombettes auf eine abwärts wachsende Normalbreite durch Buhnenbauten über. 1844—48 wurde versuchsweise eine grössere Strecke (Läskau-Leschkowitz) mit Buhnen reguliert und seither auch der ganze Mittellauf des Stromes in dieser Weise ausgebaut, von der Neissemündung bis Breslau 1852—67, von Breslau bis Glogau 1852—56 und besonders 1868—81, von Glogau abwärts seit 1868 und besonders energisch seit 1874. Da die anfangs angenommenen Strombreiten sich als noch zu gross erwiesen, wurden die Buhnen durch Stromschwellen verlängert. Diese Regulierung hat im allgemeinen eine Vertiefung der Stromrinne herbeigeführt, indem die Sinkstoffe sich teils zwischen den Buhnen absetzten, zum Teile abgeführt werden. Die Bedeutung der Regulierung für die Veränderung des Strombettes lässt sich jedoch schwer ermessen. Das Profil bleibt bei der starken Sinkstoffführung des Flusses in steter Veränderung. Jedenfalls ist das Ergebnis nicht für alle Strecken das gleiche. Vergleichungen älterer und neuerer Aufnahmen des Strombettes unmittelbar oberhalb und unterhalb von Breslau ergeben für die obere Strecke seit den letzten 4 Jahrzehnten eine Vertiefung, für die untere eine Erhöhung der Flusssohle.

Die Strecke oberhalb der Neissemündung bis Cosel, auf welcher die gewünschte Fahrtiefe nicht zu erreichen war, wird gegenwärtig durch Einlegung von 12 Staustufen kanalisiert. Für die mittlere Oder kommen vier derselben in betracht, bei Gross-Döbern, Oderhof, Sowade und an der Neissemündung. Bei Brieg und Ohlau werden grössere Schleusen errichtet werden, und endlich wird eine Schiffahrtsstrasse um die Stadt Breslau gelegt werden.

Im dritten Abschnitte beschreibt Leonhard das gegenwärtige Strombett der Oder und die bedeutenderen alten Läufe derselben auf Grund eigener Studien und Vergleiche mit alten Karten. In 2 Anhängen schildert er dann die Veränderungen der Stromlage bis Glogau und die Entwickelung der Stromlage bei Breslau. Auf einer Karte ist die Brieg-Ohlauer Oderniederung nach den Ermittelungen Leonhard's dargestellt, und zwar sowohl die älteren Uferlinien als der Stromlauf von 1740 und der heutige Strom. Von besonderem Interesse erscheint hier der alte Oderlauf unterhalb der Stadt Ohlau. Hier biegt der Strom heute rechts nach Nord ab, während der Nebenfluss die Ohle, nachdem er sich der Oder bis auf 500 *m* genähert hat, in der bisherigen Richtung des Stromes ein nordwestlich gerichtetes Thal durchfliesst. Diese wenigstens 2 *km* breite Niederung wird auf eine Länge von 9 *km* durch einen durchschnittlich 2 *km* breiten Streifen von Diluvium von der Oderniederung geschieden. Richtung, Breite und gleiche Höhenlage mit der Oder machen es wahrscheinlich, dass dieses Thal vom Hauptstrome geschaffen und noch in verhältnismässig junger Zeit durchflossen wurde. Alte Uferkonkaven längs des Diluvialrandes bei Sackerau und bei Tschechnitz von der Grösse der Oderkrümmungen stützen diese Annahme.

Erst durch den Durchbruch bei Ohlau machte die Oder das Diluvium der Zedlitzer und Kottwitzer Sandberge zur Insel, indem sie bei Kottwitz wieder in das alte breite Bett trat, das der aus der südlichen Niederung einmündende Nebenfluss jetzt nur unvollkommen erfüllt.

Bei Ohlau selbst bestand eine alte Verbindung beider Flüsse. Wenn kein Wehr sie hinderte, floss die Ohle durch den alten Lauf bei Baumgarten in die Oder, sonst aber wurde das Wasser in entgegengesetzter Richtung geleitet. Es war dies vielleicht die als uralt bezeichnete Verbindung, durch welche nach dem Vertrage der Stadt Breslau mit Ohlau vom Jahre 1334 das Oderwasser ungehindert in die Ohle abfliessen sollte.

Die heutige gerade Stromstrecke von Ohlau bis Janowitz ist fast ganz künstlich hergestellt, und zwar meist um die Mitte des vorigen Jahrhunderts, wodurch die zahlreichen alten Serpentinen des ungeregelten Laufes trocken gelegt wurden. Bei Kottwitz trat die Oder in einem südlich von dem jetzigen verlaufenden Arme in das Bett, welches gegenwärtig nur die Ohle einnimmt. Dieser südliche Arm war noch im 17. Jahrhunderte der wasserreichere und vereinigte sich mit dem nördlichen erst zwischen Janowitz und Margareth kaum 200 *m* von der schwarzen Lache entfernt, mit der noch lange Zeit eine Verbindung bei Hochwasser bestanden haben muss. Aus diesem Bette verlegte sich die Oder erst durch einen nördlich gerichteten Durchbruch bei Margareth.

Der Niagarafluss ist bezüglich seiner Entstehung und Entwicklung von G. K. Gilbert geschildert worden[1]). Auf Grund

[1]) Smithsonian Report 1890. p. 231 u. ff.

fremder und eigener Untersuchungen kommt er zu dem Ergebnisse, dass der Fluss erst entstand, nachdem die Seen und ihre Umgebung von der Inlandeisdecke frei waren. Je nach dem Niveau des Ontariosees erlitt der Fluss mehrfach Änderungen seiner Länge und damit auch der Höhenlage seiner Mündung und der Grösse seiner Wasserführung. Er war offenbar zu gewissen Zeiten, besonders während des Abschmelzens der binnenländischen Eisdecke, ein sehr mächtiger Strom, zu anderen Zeiten dagegen nur klein; auch die Unterlage, in welche sich der Fluss einschnitt, ist sehr verschieden gewesen, meist harter Kalk und Sandstein, mit Zwischenlagen von weichen Schichten, aber auch lose Driftablagerung. Es ist daher nicht wahrscheinlich, dass das heutige Rückwärtsschreiten der Fälle in seiner Geschwindigkeit dem mittleren Masse nahe entspricht, so dass alle darauf begründeten Schätzungen über das chronologische Alter derselben keinen Wert haben.

Die Hydrographie des Oxus ist von E. Blanc auf Grund eigener Untersuchungen und einer kritischen Prüfung des gesamten vorhandenen Quellenmaterials studiert worden[1]. Hiernach ist an einer dreimaligen Veränderung des Unterlaufes des Oxus nicht zu zweifeln. Bis ins 14. Jahrhundert floss des Strom in den Aralsee, im 15. wandte er sich ins Kaspische Meer, in welches er auch im Altertume mündete. Während dessen wurde der Aralsee infolge der Hemmung der Wasserzufuhr zu einem Sumpfe. Im 16. Jahrhunderte erscheint der Oxus in 2 Arme getrennt, von denen einer in den Aralsee, der andere (der Fluss von Urgentsch) ins Kaspische Meer floss. Letzterer versandete im 17. Jahrhunderte, und es blieb nur der in den Aralsee mündende Arm, der heutige Amu-Darja. Von den vermuteten ehemaligen Flussbetten des Oxus zum Kaspischen Meere ist nach Blanc nur das Bett von Urgentsch (Usboj) wirklich als solches zu betrachten. Als Ursache der Veränderungen des Oxuslaufes sieht er Bodenbewegungen an, doch scheint es, dass zufällige Verstopfungen der Mündung durch Sand und Schlamm, sowie die nicht abzuleugnende Abnahme der Feuchtigkeit im Oxusgebiete überhaupt, vielleicht auch genügen, die Wandlungen zu erklären.

Der Bau der Strombetten und das sogenannte Baer'sche Gesetz ist Gegenstand einer kritischen Untersuchung in einer Inauguraldissertation von B. Neumann gewesen. Für manche könnte die Frage wohl als entschieden gelten; indes ist die genannte Untersuchung doch auch deshalb wertvoll, weil Verfasser einerseits die historische Seite der Frage ausführlich behandelt, und anderseits alle bei der Bildung der Flüsse, ihrer weiteren Gestaltung, der Uferzerstörung und Laufveränderung thätigen Kräfte nacheinander behandelt.

Der Schweizer Denzler hat 1857 eine Abhandlung veröffentlicht, in welcher er aus der Annahme des Einflusses der Erdrotation auf die Flüsse

[1] Bull. Soc. Géogr. 1892. 63. p. 281 u. ff.

sehr weitgehende Konsequenzen zog. In der Pariser Akademie wies Babinet darauf hin, dass die Ablenkung der Bewegungsrichtung infolge der Erdrotation auch bei Luftströmungen und Flüssen hervortrete. Bertrand trat seiner Behauptung betreffs der Flüsse entgegen, indem er die Geringfügigkeit jener Ablenkung hervorhob. Es entwickelte sich zwischen beiden eine lebhafte Diskussion für und wider, in welche auch noch andere Mitglieder der Akademie eingriffen. Man stritt sich über theoretische Fragen, dachte aber weniger daran, den Gegenstand vom Standpunkte der physischen Geographie zu behandeln und zu versuchen, etwaige Wirkungen der Erdrotation auf Flussläufe durch vergleichende Untersuchungen zahlreicher Flüsse festzustellen. Dies war Baer vorbehalten, dessen Abhandlung im Jahre nach den betreffenden Erörterungen in der Pariser Akademie und zum Teile infolge derselben erschien. Ähnlich wie in der Pariser Akademie wurde die Frage vom belgischen Mathematiker Lamarle[1]) behandelt.

Zu den ersten, welche sich mit Baer's Aufstellungen einverstanden erklärten, gehörten die österreichischen Geologen Süss[2]) und Peters[3]). Beide zogen als treffendes Beispiel die Donau heran, in deren Uferverhältnissen sie Beweise für die Baer'sche Hypothese sahen. Für diese erklärte sich auch Schweinfurth, der sich auf die Verhältnisse am Nil bezog. Schon im Jahre 1862 hatte Klun in einem Vortrage in der Wiener geographischen Gesellschaft sich ganz im Sinne Baer's ausgesprochen, indem er teils über dessen Beobachtungen referierte, teils über seine eigenen und die anderer Mitteilungen machte. Später aber traten am eifrigsten für die unbedingte Anerkennung des Baer'schen Gesetzes die beiden österreichischen Gymnasialprofessoren Benoni und Schmidt ein, namentlich der erstere. Die eingehendste theoretische Untersuchung über die Ablenkung von Bewegungen über und längs der Erdoberfläche durch die Erdrotation hat Finger geliefert. Er berechnet auf analytischem Wege den genauen Wert des Seitendrucks unter Berücksichtigung der Sphäroidgestalt der Erdoberfläche, einer ungleichförmigen Bewegung und Veränderlichkeit des Azimuts derselben. Finger konstatiert ein Maximum des Seitendruckes bei Bewegungen nach Osten. ein Minimum bei solchen nach Westen, während sich für Bewegungen in Meridianrichtung nur ein Mittelwert ergiebt.

Von den Gegnern scheint Buff in Giessen der erste gewesen zu sein, der wegen der Geringfügigkeit der Ablenkung den Einfluss derselben auf die Bildung der Flussufer hier leugnet Man könne praktisch ebensoviele Beispiele für als gegen das angebliche Gesetz beibringen. Ihm schlossen sich Dunker und Zöppritz an.

Von neueren Arbeiten gedenkt Neumann der Untersuchungen von Gilbert, Baines und Fontès, sowie der Arbeit von Klockmann, die alle verneinend ausfallen. „Für die Ausbildung von Uferböschungen sind, nach Klockmann, vor allem die besonderen geologischen Verhältnisse der einzelnen Flussthäler von Bedeutung, ausserdem aber erkennt er auch die allgemeinen Ursachen an, welche Stefanovic v. Vilovo angegeben hat. Dann führt er weiter aus, dass im allgemeinen beim Durchbruche eines Flusses durch einen Gebirgsrücken oder Höhenzug für das Entstehen einer steileren Uferböschung die Richtung des Flusses und das Streichen des vorlagernden Rückens massgebend sei, vorausgesetzt, dass das Hindernis annähernd rückenförmig ist und aus gleichartigem Materiale besteht. Daher findet Klockmann im Flachlande die günstigsten Bedingungen für die von ihm aufgestellte Regel, die natürlich wegen verschiedener Ursachen

[1]) Bulletin de l'académie royale belge **9.** p. 12

[2]) Süss, Boden der Stadt Wien u. s. w., Wien 1862, und Österreich. Revue **4.** p. 262.

[3]) Österreich. Revue **4.** p. 216, und Sitzungsbericht der k. Akademie der Wissenschaften zu Wien 1865, mathem.-naturw. Klasse **52.** Abt. I. 6.

die mannigfaltigsten Ausnahmen erleiden kann. Als Beispiele führt er Elbe, Oder, Weichsel an, deren Uferformen er, wenigstens in grossen Zügen, durch seine Regel erklärt findet. Die merkwürdige Übereinstimmung dieser Flüsse im Umbiegen aus der Ostsüdost- — Westnordwestrichtung in die Nordrichtung hielten Berghaus und Dulk für eine Folge der Erdrotation und sahen darin eine glänzende Bestätigung des Baer'schen Gesetzes. Klockmann aber schliesst sich in der Erklärung jener allerdings auffallenden Ablenkung dem Geologen Berendt an, welcher sie der Benutzung von nordsüdlichen Rinnen, die zahlreich von den Schmelzwassern des in einer früheren Periode über Norddeutschland gelagerten und dann zurückweichenden Eises ausgefurcht wurden, durch die genannten Flüsse zuschrieb."

Neumann gliedert seine Untersuchungen in 3 Teile:

Zunächst behandelt er die Theorie vom Einflusse der Erdrotation auf irdische Bewegungen überhaupt. Bekanntlich hat Foucault durch seinen berühmten Pendelversuch zuerst diesen Einfluss und damit die Axendrehung der Erde selbst augenfällig nachgewiesen. Ein anderes von Perrot ausgeführtes und gedeutetes Experiment ist weniger bekannt. Perrot liess aus einem grossen zylindrischen Gefässe Wasser durch ein genau im Mittelpunkte des Bodens angebrachtes Loch fliessen. Die einzelnen Wasserteilchen strebten vom Rande nicht auf radialem Wege der Öffnung zu, sondern wichen allmählich nach rechts ab und kreisten in Spiralen um die Öffnung, ehe sie ausflossen. Hierin sah Perrot mit Recht eine Wirkung der Erdrotation.

Der grosse französische Geometer Poisson war der erste, welcher mathematisch genau feststellte, welchen Einfluss die Erdrotation auf die Ablenkung von Bewegungen an der Erdoberfläche (bei Geschossen) hat. Er kam zu folgenden Ergebnissen: Die Ablenkung von Bewegungen auf der nördlichen Hemisphäre nach rechts, auf der südlichen nach links hat zwei zusammenwirkende Ursachen. Der bei weitem grösste Teil der Ablenkung ist eine Folge des Trägheitsgesetzes, welches jeden in Bewegung gesetzten Körper die einmal eingeschlagene Richtung beizubehalten treibt Ein viel kleinerer Teil der Ablenkung wird durch die Veränderung der Rotationsgeschwindigkeit hervorgerufen.

Die Ablenkung infolge der Erdrotation findet nicht nur in der Meridianrichtung, sondern in jeder Richtung (in jedem Azimute) statt. „Es kann," sagt Neumann, „gar nicht bezweifelt werden, dass auch beim fliessenden Wasser, wie bei jeder anderen Bewegung, für jedes beliebige Azimut der Flussrichtung eine ablenkende Kraft entsteht, und zwar auf der Nordhemisphäre nach rechts, auf der Südhemisphäre nach links. Ferner kann nicht geleugnet werden, dass diese Kraft, wenn man sie sich durch ungeheure Zeiträume allein wirksam denken würde, eine sichtbare geologische Wirkung hervorbringen müsste. Dass eine solche Wirkung sogar bedeutend sein könnte, wird man auch nicht bestreiten mögen, wenn man bedenkt, welche gewaltigen Umgestaltungen kleine Kräfte, allerdings in unmessbaren Zeiträumen, an der Erdoberfläche hervorgebracht haben. Nun ist aber die ablenkende Kraft der Erdrotation bei der Gestaltung von Flussbetten nicht etwa allein wirksam, sondern man kann sie sich nur in Gemeinschaft mit einer ganzen Reihe anderer Kräfte thätig denken.

Diesem Gegenstande ist nun das 2. Kapitel der Neumann'schen Abhandlung gewidmet. Zunächst wird die Frage behandelt, wie sich Flussbett und Flussthal ausbilden.

Die heutigen Flussthäler sind durch Erosion entstanden, wenn auch nicht ausschliesslich, da Spalten und Einsenkungen bei der Gebirgsbildung oft genug den Flusslauf vorzeichneten. Sicher ist jedenfalls, dass die Erosion die heutige Oberflächentiefe der Erde im Laufe sehr langer Zeiträume erzeugt hat. Das vom Wasser losgerissene und anderweitig in den Wasserlauf gelangte Gesteinsmaterial wird durch die Stromkraft weitergetragen und unter gewissen Umständen wieder abgelagert; es

wechseln also Erosion, Transport, Ablagerung, und diese 3 Thätigkeiten sind es, welchen die Gestaltung des Flussbettes zuzuschreiben ist.

Bei den Flüssen entspricht die Bewegung des Wassers längs einer geneigten Fläche abwärts dem Falle auf schiefer Ebene. „Sie müsste nach den hierfür geltenden Gesetzen eine gleichförmig beschleunigte sein. Dass dies nicht der Fall ist, liegt an dem Widerstande, den das fliessende Wasser durch die Reibung am Umfange seines Bettes und durch seine eigene innere Reibung erfährt Die Bewegung des Wassers ist daher unter sonst gleichen Umständen (Gefälle, Querprofil u. s. w.) eine gleichförmige oder wenigstens nahezu gleichförmige, indem der Beschleunigung durch die Reibung ganz oder annähernd das Gleichgewicht gehalten wird Dass das Wasser gleichwohl nur ausnahmsweise sich völlig gleichförmig bewegt, liegt an der unregelmässigen Gestalt des Flussbettes, welches bald horizontal, bald vertikal sich verengt oder erweitert, an der Veränderung von Wasserstand und Gefälle und an den Krümmungen, in denen mit dem Wechsel des Gefälles auch die Widerstände eine Änderung erfahren. Die Linie grösster Wassergeschwindigkeit im Flusse pflegt man Stromstrich zu nennen; sie folgt ungefähr der tiefsten Rinne des Bettes, dem Thalwege oder der Stromrinne. Von der Mitte des Flusses nach den Ufern, ebenso von der Oberfläche zur Sohle nimmt die Geschwindigkeit ab, aber nicht mit vollkommener Regelmässigkeit selbst in den geradesten Flussstrecken und beim regelmässigsten Querprofile des Bettes, wie Harlacher's Messungen bewiesen haben. Denkt man sich daher von einem Querprofile aus horizontal und vertikal in der Stromrichtung Linien gezogen, welche sich wie die verschiedenen Geschwindigkeiten verhalten, so ist beide Male die Verbindungslinie der Endpunkte jener Linien nur annähernd eine regelmässige Kurve (Parabel). Da die Geschwindigkeit der Wasserfäden zunimmt, je weiter sie vom benetzten Umfange entfernt sind, so ist es klar, dass bei steigendem Wasserstande die Geschwindigkeit im allgemeinen sich vergrössern muss. Wie nun die Geschwindigkeit unter ganz regelmässigen Verhältnissen nie symmetrisch in einem Querprofile verteilt ist, so wechselt auch an der nämlichen Stelle eines Querprofils die Geschwindigkeit selbst bei gleichbleibendem Wasserstande. Diese Unregelmässigkeit ist auf den ersten Blick vielleicht befremdend. Die ausgezeichneten Untersuchungen von Boussinesq [1]) haben aber über die, allerdings komplizierte, Wasserbewegung in Flüssen völlige Aufklärung gegeben. Boussinesq bespricht in seiner Untersuchung auch die Bewegung des Wassers in Flusskrümmungen. Die schnellsten Stromfäden treibt die Zentrifugalkraft an das Hohlufer; dort tauchen sie, an diesem sich reibend, unter und steigen am gewölbten Ufer wieder in die Höhe. Infolgedessen wird das Flussbett am Hohlufer vertieft, am gewölbten Ufer durch Anschwemmung verflacht.

Zur Frage übergehend, wie das Wasser am Umfange seines Bettes eine erodierende Thätigkeit ausübe, hebt Neumann hervor, dass die gesteinzerstörende Thätigkeit desselben erst beginnt, sobald es in Bewegung gesetzt wird, und zwar zunächst vermöge der Reibung, welche durch das Hingleiten des Wassers an den Seiten und am Boden seines Bettes entsteht. Nun sei aber nach einem bekannten hydraulischen Gesetze die Reibung zwischen festen und flüssigen Körpern ausser vom Reibungskoeffizienten, der durch die Art der Rauheit des festen Körpers bedingt ist, abhängig von der Geschwindigkeit der Bewegung und von der Grösse der Berührungsfläche, während eine Veränderung des Druckes die Reibung nicht beeinflusse. Bei zunehmender Geschwindigkeit verstärkt sich also die Reibung des Flüssigen am Festen, ebenso bei Vergrösserung der Berührungsflächen. Daraus folge unmittelbar, dass in einem Flusse bei steigendem Wasserstande die Reibung

[1]) Théorie des eaux courantes in den Mémoires présentés à l'académie de Paris 1877. **23. u. 24.**

zwischen Flussbett und Wasser aus zweifachem Grunde sich vermehre und infolgedessen auch die durch das Wasser geleistete mechanische Arbeit. Diese müsse also bei Hochwasser viel bedeutender als bei gewöhnlichem Wasserstande sein. Die in der Reibung liegende erodierende Thätigkeit des fliessenden Wassers werde sich teils im Vertiefen des Flussbettes, teils im Abbröckeln des einen oder anderen Ufers äussern; sie sei natürlich da am stärksten, wo die Reibung zwischen Wasser und Bett am grössten ist, aber sie hänge nicht nur von Wasserstand und Geschwindigkeit ab, sondern sei auch je nach dem Materiale, welches sich ihr darbietet, eine sehr verschiedene, in weichem, nachgiebigem Materiale begreiflicherweise viel bedeutender als in hartem, widerstandsfähigem.

Ein Wasserlauf mit starkem Gefälle und grosser Geschwindigkeit wird Hindernisse leicht überwinden, wenn sie nicht allzu gross sind. aber ein in schwach geneigtem Bette träge strömendes Wasser wird auch unbedeutenden Hindernissen ausweichen, weil es nicht die Kraft besitzt, sie zu überwältigen; es muss also ganz natürlich in diesem Falle der Lauf (Unterlauf im Flachlande) viel öfter abgelenkt, viel gewundener sein als im ersten Falle. Die Grundursache für die Ablenkung aus der ursprünglichen Laufrichtung findet aber mächtige Bundesgenossen oder auch bedeutende Gegner in der mit der Ablagerung der Sinkstoffe in Wechselwirkung tretenden Erosion im Flussbette.

Einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf die Veränderung der Flussufer übt, wie auch v. Vilovo gezeigt hat, der Wind, sowie bei tropischen Flüssen starke Vegetation im Flussbette aus, die sogar den Fluss zwingen kann, sich ein anderes Bett zu suchen.

Alle diese Kräfte verändern ununterbrochen bald nach der einen, bald nach der anderen Richtung hin die Gestalt der Flussbetten, und es entsteht nun die Frage, ob die durch die Erdrotation im fliessenden Wasser erzeugte ablenkende Kraft, indem sie die bisher erörterten modifiziert, sichtbare Wirkungen hervorzubringen vermag. Mit Beantwortung dieser Frage beschäftigt sich nun speziell Neumann. Er findet mit Hilfe einer früher von Zöppritz abgeleiteten einfachen Formel, dass unter 50° nördl. Br. ein Strom von 1000 *m* Breite seinen Wasserspiegel an dem Ufer, gegen welches die ablenkende Kraft der Erdrotation gerichtet ist, um 34 *mm* erhöht, wobei noch vorausgesetzt ist, dass seine Strömungsgeschwindigkeit 2 *m* beträgt. Diese Erhöhung ist gewiss unbedeutend, aber es fragt sich, ob sie nicht im Verlaufe ungeheuer langer Zeiträume doch merkliche Wirkungen hervorruft. Die Beantwortung dieser Frage ist für das Problem entscheidend. Neumann behandelt sie in folgender Weise. „Das Ansteigen des Wassers am rechten Ufer," sagt er, „hat zunächst zur Folge, dass der Druck auf die rechte Wand des Flussbettes um einen ganz geringen Betrag grösser wird, als der am linken Ufer. Der Druck auf die feste Wand eines Gefässes, in welchem sich Wasser befindet, ist bekanntlich gleich dem Gewichte einer Wassersäule, welche die gedrückte Fläche zur Grundfläche und die Höhe des Wasserspiegels über ihrem Schwerpunkte zur Höhe hat. Da aber die meisten Flüsse im Unterlaufe, der hauptsächlich für das Baer'sche Gesetz in betracht kommt, unter gewöhnlichen Umständen nur eine geringe Geschwindigkeit besitzen, welche 3 *m* höchstens bei Hochwasser, also im Ausnahmezustande erreicht, so wird die Erhöhung des Wasserspiegels an einem Ufer für gewöhnlich nur mehrere Millimeter betragen, was für eine einseitige Verstärkung des Wasserdruckes in Rücksicht auf die Tiefe des Flussbettes doch kaum in betracht kommen kann."

Baer und Benoni haben behauptet, die Wirkung der Erdrotation werde hauptsächlich bei Hochwasser eintreten, allein Neumann zeigt, dass auch in diesem Falle eine Erhöhung des Wasserspiegels durch die ablenkende Kraft der Erdrotation nicht in die Erscheinung treten könne, weil jene Verhältnisse eben fortwährend störend eingreifen „Kann aber die ablenkende Kraft der Erdrotation keine Steigerung des Wasserdruckes

und, was viel wichtiger ist, der Geschwindigkeit. demzufolge auch keine Vermehrung der das Flussbett angreifenden Reibung hervorrufen, ganz zu schweigen von einer allgemeinen Richtungsänderung der Wassermasse, deren Stoss gegen ein Ufer die Hauptzerstörung bewirkt, so ist zu konstatieren, dass durch jene Kraft auch die Erosion nach einer Seite nicht vermehrt werden kann, d. h. es ist eine stärkere Zerstörung des einen Ufers infolge der Erdrotation zu verneinen."

„Um eine Umgestaltung des Flussbettes, die Zerstörung eines Ufers oder eine bestimmte Uferform zu erklären" — führt Neumann aus — „werden die von uns besprochenen, bei der Flussbettgestaltung thätigen Kräfte, verbunden mit der Berücksichtigung der geologischen Verhältnisse, stets genügen. Ist beispielsweise bei einem Flusse auf eine lange Strecke das eine Ufer bedeutend höher als das andere, so wird nur eine genaue Untersuchung der örtlichen Verhältnisse den Grund für die Höhe des Ufers erkennen lassen. Für die Wolga speziell ist das hohe rechte Ufer wohl dadurch ganz ungezwungen erklärt, dass es, wenigstens von Simbirsk an, eine Formationsgrenze bildet Der steile Rand setzt sich von Zarizyn, wo die Wolga von ihm zurücktritt, nach Süden in den Ergenihügeln fort. Daraus ist wohl zu schliessen, dass bei der Entstehung der Wolga dieser steile Rand schon vorhanden war, an den sich der Fluss dann anlehnte. Es liegt aber in der Natur der Sache, dass die steile Uferwand im weiteren Verlaufe vom Flusse zerstört werden muss.

Hier lernen wir nun auch die Bedeutung kennen, welche der Wasserdruck für die Zerstörung eines Ufers erlangen kann Man denke sich die Wolga bei Hochwasser: das Wasser ist um 8 *m* und mehr gestiegen, das flache, sanft ansteigende Ufer hat es auf weite Entfernung überschwemmt, es drückt mit ganzer Wucht gegen die steile Wand. Die Folge davon ist, dass namentlich in die tieferen Schichten, die vielfach aus Sand bestehen. eine grosse Menge Wasser hineingepresst wird; der Grundwasserspiegel neben dem Flusse steigt stark auf grössere Entfernung. Ist das Wasser gefallen, so beginnt das Grundwasser allmählich in den Fluss zurückzuströmen und führt beim Eintritte in den Fluss Teile der Schicht mit sich, welche es verlässt. Dadurch wird nach und nach den darüber liegenden Schichten die Unterlage entzogen, bis sie in den Fluss herunterstürzen; dort bleiben häufig abgestürzte Massen liegen, bis das nächste Hochwasser sie beseitigt und den beschriebenen Vorgang von neuem einleitet. Auch Baer erklärt, dass, da das rechte Ufer der Wolga einmal steil und hoch sei, es nun so bleiben und dieses Ufer gerade der Zerstörung verfallen müsse In ähnlicher Weise wie bei der Wolga kann wohl auch bei anderen Flüssen ein auf weitere Erstreckung höheres Ufer erklärt werden; oft spielen dabei Wind nnd Wellen eine beachtenswerte Rolle, deren Wirkung unter Umständen eine ganz bedeutende werden kann, wie S. v. Vilovo trefflich nachgewiesen hat.

Die Erdoberfläche ist nicht nach einer bestimmten Schablone geformt. Ihre wechselvolle Gestalt und Neigung giebt den sie durchziehenden Wasserläufen eine allgemeine Richtung. Nach mechanischen Gesetzen bilden sich die Wasserläufe. und sie werden fort und fort nach diesen Gesetzen weiter gestaltet. Hierin liegt die Erklärung für die Ausbildung des Flussthales. für jede Form von Flussbett und Ufer. Nach unserer Überzeugung ist die Wichtigkeit und Bedeutung jener mechanischen Gesetze in bezug auf die Wasserläufe von den Anhängern Baer's verkannt worden; deshalb gaben sie sich so leicht einer sonst nicht begreiflichen Täuschung hin."

Als Ergebnis seiner Untersuchung kommt Neumann zu der Überzeugung, dass in der Theorie ein Einfluss der Erdrotation auch auf die Flüsse, wie auf alle Bewegungen an der Erdoberfläche überhaupt, nicht zu leugnen sei; vergleiche man aber diesen Einfluss mit den Verhältnissen, welche für die Gestaltung des Flussbettes bestimmend sind, so werde man zu der Überzeugung kommen, dass er in den Wirkungen, welche die das

Flussbett gestaltenden Kräfte hervorbringen, vollständig untergeht, dass also unmöglich durch die ablenkende Kraft der Erdrotation geologische Wirkungen zu stande gebracht werden können, wie es von Baer und seinen Anhängern behauptet wurde. In der Praxis absorbiere die unausgesetzte, durch Wasserbewegung und Sedimentführung bewirkte Umgestaltung des Flussbettes jeden Einfluss der Erdrotation.

Durch die gründlichen Erörterungen Neumann's ist die völlige Unhaltbarkeit des sogenannten Baer'schen Gesetzes so evident erwiesen, dass dasselbe wohl als endgültig abgethan betrachtet werden muss.

11. Seen.

Grössen und Tiefen der Schweizer Seen. Auf Grund der fortgesetzten Arbeiten des Eidgenössischen Topographischen Bureaus giebt Prof. J. J. Egli eine Zusammenstellung der Grössen und Maximaltiefen der hauptsächlichsten Schweizer Seen[1]. Derselben ist folgendes entnommen:

	Areal *qkm*	Tiefe *m*
Aegerisee	7.00	83
Baldeggersee	5.04	66
Bielersee	42.16	78
Bodensee	539.14	255[2]
Brienzersee	29.95	261
Genfersee	577.84	310
Greifensee	8.44	34
Hallwylersee	10.37	48
Jouxsee	9.30	34
Klönsee	1.18	33
Langensee	214.27	365[3]
Lowerzersee	2.84	13
Luganersee	50.46	288
Murtensee	27.42	49
Neuenburgersee	239.62	153
Oeschinensee	1.14	63
Pfäffikersee	3.10	36
Puschlaversee	1.60	84
St. Morizersee	3.15	44
Sarnersee	7.40	52
Sempachersee	14 28	87
Silsersee	4.00	71
Silvaplanersee	2.86	77
Thunersee	47.92	217
Vierwaldstättersee	113.36	214
Walensee	23.27	151
Zürichsee	87.78	143[4]
Zugersee	38.48	198

[1]) Petermann's Mitteil. 1893. p. 125.
[2]) Davon Unter- oder Zellersee 63 *qkm* und 47 *m*.
[3]) Kann noch tiefer sein, da die schweizerische Sondierung nur den nördlichen Teil bis Luino umfasst.
[4]) Davon Obersee 20.32 *qkm* und 50 *m*.

„Dieser Tabelle fügen wir nun eine zweite an: eine Reihe kleinerer Seen unter 1 *qkm* Oberfläche. Klön- und Oeschinensee, die kleinsten Becken der ersten Tabelle, sind hier behufs Vergleichung wieder aufgeführt als grösste Becken der zweiten Reihe.

Aus diesen Angaben lässt sich erkennen, mit welchem Rechte gewisse Seen, vorzugsweise die alpinen Hochseen, im Volksglauben als „unergründliche" gelten."

	Areal *qkm*	Tiefe *m*
Lago Bianco	0.82	47
Lac des Brenets	0.57	32
Burgäschisee	0.23	31
Campferersee	0.54	34
Davoser Grosssee	0.55	54
Klönsee	1.18	33
Lungernsee	0.86	33
Märjelensee	0.41	47
Mauensee	0.57	9
Moosseedorfsee	0.31	22
Lago Nero	0.08	12
Oeschinensee	1.14	63
Seelisbergersee	0.18	37
Soppensee	0.24	28
Lac de Taney	0.17	31
Türlersee	0.49	22

Über das Relief des Bodenseebeckens verbreitete sich Graf v. Zeppelin auf dem X. deutschen Geographentage zu Stuttgart[1]). Er schildert zunächst den eigentlichen Bodensee (oder Obersee einschliesslich Überlinger See) und hier den Seekessel, bei welchem man die Sohle, nach einem Bodenseeausdrucke den Schweb, und die nach letzterem abfallenden Böschungen oder Halden unterscheiden muss. Er schliesst sich der früher von Lyell und neuerdings insbesondere von Forel begründeten Ansicht an, dass die Alpenrandseen, welche früher viel grösser, durch die Geschiebe der in den oberen Teil ihrer Wanne einmündenden Flüsse immer mehr verlandet wurden und noch werden, der Verbiegung eines zuerst gleichsinnig zum Meere abgedachten Thales, d. h. dem Rückwärtseinsinken des Thales mitsamt den zuerst höher aufgestiegen gewesenen Alpen, ihre Entstehung zu verdanken haben. Demgemäss erblickt er in der Eingangsböschung des Bodensees, die deshalb auch aus Geschieben bestehen wird, nur die Fortsetzung der Verlandung der oberen Seewanne, jetzt Rheinthal, im tiefsten „Schweb" und der im Überlinger See (bezw. auch der Konstanzer Bucht) sich hinaufziehenden Endböschung die nur durch Sinkstoffe mehr oder minder verwischte Sohle des alten Thales und in den Seitenböschungen ebenso die wesentlichen Strukturformen seiner Seitenwände. Die weiter

[1]) Deutsche geogr. Blätter **16.** p. 164.

abwärts gleichmässig und sanft abfallende Eingangsböschung ist in ihrem oberen Teile regelmässiger gestaltet durch die Schuttkegel des Rhein- und Bregenzer Ach-Deltas und des Rohrspiz; bei welchem es neuerdings zweifelhaft geworden ist, ob sein fester Kern auch ein altes (Rhein-)Delta sei. Im oberen Teile des Sees finden wir zwei gesonderte Tiefbecken, den Bregenzer und den Lindauer Schweb. Ersterer, bis 62.8 *m* tief, wird von letzterem durch die Fortsetzung des Wasserburg-Lindauer Moränenzuges getrennt, letzterer, bis 77.5 *m* tief, westlich durch einen vom Rohrspiz nach Lindau ziehenden Rücken begrenzt. Von den weiteren, nicht mehr so bestimmt abgegrenzten Schweben auf der Eingangsböschung ist besonders der Schweb vor der Argen merkwürdig, ein 5 *qkm* grosses Plateau in 170 *m* Tiefe, überragt von dem bis 151.5 *m* unter dem Seespiegel aufsteigenden Montforter Berge. Die merkwürdigste Entdeckung aber ist die des unterseeischen Rinnsals des Rheines. Es verläuft flussartig gewunden mit 500 bis 600 *m* breiter und bis 75 *m* tief zwischen seinen Seitendämmen eingeschnittener Sohle von der Rheinmündung erst 28.5 *km* bis zum Fusse des Schwebs vor der Argen und hier rechtwinklig abbiegend noch weitere 3.5 *km* Romanshorn zu, bis es sich von 200 *m* Tiefe ab auf der Eingangsböschung verliert. Forel erklärt die nur im Bodensee und Leman vorkommenden Rinnsale richtig damit, dass die kälteren und somit schwereren Wasser des Rheines und der Rhone mit starker Strömung unter die wärmeren Wasser der Seen untertauchen müssen, eine Erscheinung, die man hier im sogenannten „Brech“, dort in der „bataillère“ mit blossem Auge wahrnehmen kann. v. Zeppelin widerlegt die Ansicht Duparc's, welcher die Rinnsale als den Rest der durch den Abbruch der Molasse entstandenen Spalte erklärt, dem die Seen selbst ihre Entstehung verdanken sollten, insbesondere auch durch den Hinweis auf ein zweites ähnliches Rinnsal, das von Altenrhein aus 3 *km* weit bis in den Rohrschacher Schweb zieht und zugleich beweist, dass dem richtigen Namen dieses Dorfes entsprechend die Rheinmündung sich einst hier befand. Der tiefste Schweb ist eine ziemlich das mittlere Drittel des Sees einnehmende, sehr flache Ebene von 330 *m* Tiefe ab mit 25.5 *qkm*, von 240 *m* 17.9 *qkm* und von 250 *m* ab, wo die tiefste Stelle des Sees in 251.8 *m* sich findet, mit 4.2 *qkm* Flächengehalt. Die Seitenböschungen, im allgemeinen mit 4 %igem Gefälle herabziehend, zeigen hier in der Uttviler und Immenstaad-Hagnauer Tiefhalde stärkeres Gefälle. Von hier zieht die Endböschung, nur auf der Nordseite und zuweilen von jetzt unmittelbar am Ufer steil abfallenden Seitenböschungen begleitet, steigt sanft zu dem Mainau-Neu-Birnauer Querrücken hinauf, der das Ende des Überlinger Sees zu einem gesonderten Tiefbecken mit 147.1 *m* Maximaltiefe macht. Hier ragt aus der südlichen Steilhalde die Feldnadel des Teufelstisches bis nahe an den Wasserspiegel herauf. In der bis 10 *m* Tiefe reichenden, 1000 bis 2000 *m* breiten Uferzone bildet das ausgespülte Ufer mit Strand, Hang, Wysse nebst

Halde die Regel, angeschwemmtes Ufer nur mit Hang nebst Halde zeigen die zahlreichen Mündungsdeltas der Zuflüsse, die Hörner. Die den letzteren entsprechenden Buchten sind meist wenig tief. Weitergestreckte Untiefen heissen vielfach Grund und neben Schweben aufragend Berg, z. B. oberer und unterer Friedrichshafener Berg. Die Bedeckung des Seebodens in der Uferzone wechselt nach bestimmten Regeln zwischen gröberem und feinerem Gerölle und Sand. Vielfach finden sich Reste ausgespülter Moränen, so namentlich am Schachener Berge zwischen Lindau und Wasserburg. Bemerkenswert ist die durch einzellige Algen bewirkte Kalktuffbildung im Konstanzer Trichter. Der Untersee bildete vormals mit dem Bodensee einen einheitlichen See. Die beide trennende Landbrücke bei Konstanz hält Graf von Zeppelin für neueren Ursprungs und für wesentlich durch die gleiche Moräne gebildet, welcher der Mainau-Neubirnauer Rücken angehört. Erst bei Ermatingen beginnt jetzt der eigentliche Untersee, in fünf gesonderte Becken zerfallend. Hiervon sind drei im südlichen Seearme, in deren erstem wenig oberhalb Steckborn bei 46.4 *m* die tiefste Stelle des Untersees sich befindet. Die zwei anderen Becken in der Radolfzeller Bucht und im Gnadensee reichen je nur wenige Meter über Isobathe 20 hinab. Die diese Becken trennenden Rücken sind wohl durchweg glazialen Ursprungs. Auf ihnen erheben sich mehrfach noch besondere bis nahe an den Wasserspiegel reichende Höhen, die meistens als Rain bezeichnet werden.

Über das Alter des Bodensees als See verbreitete sich Dr. Singer[1]). Er sucht die Frage zu beantworten: Wann und wie ist das Bodenseebecken zuerst vom Wasser erfüllt worden, und wie hoch reichten die Uferlinien der einheitlichen Wassersammlung?

Das Gebiet des Bodensees ist mehrfacher Vereisung unterworfen gewesen, der Bodensee liegt durchaus im Gebiete der jüngsten Vergletscherung.

In geringem Abstande von dem heutigen Ende des Sees findet sich eine Zone der letzten Endmoränen und eine Landschaft mit kleinen Moränenhügeln, die sich in ziemlicher Ausdehnung zwischen die grösseren Erhebungen einschiebt. Beide entstammen einer Zeit, in welcher der Gletscher sich innerhalb der tiefsten Bodenfurchen hielt, jedoch kaum mehr über deren Rand hinaus anzuschwellen vermochte. Die handförmige Gliederung des Bodensees entspricht der fächerförmigen Ausbreitung der letzten Zungen des zurückgehenden Rheingletschers.

Eine hervorstechende Bodenform ist das glaziale Hügelland im südlichen und westlichen Teile der Bodanhalbinsel, sowie nördlich von Lindau. Man findet dort kleine linsenförmige Hügelchen aus Moränenmaterial und ihre Zwischenräume von Ried, Sumpf und Weihern eingenommen.

---

[1]) **Festschr., dargebracht Fr. v. Richthofen 1893. p. 57 u. ff.**

Diese Hügel identifiziert Dr. Singer mit den Drumlins (lenticular hills) der schottischen und nordamerikanischen Geologen, sie bestehen, wie bemerkt, aus Moränenmaterial mit unregelmässig verteilten gekritzten Geschieben, der Kern einzelner Hügel besteht aus der unterlagernden Molasse.

Eine Höhenlinie in 30 *m* über dem Seespiegel bezeichnet ungefähr die obere Grenze der häufigen, auf längeren Strecken zusammenhängenden Seeuferbildungen, während oberhalb derselben lakustrine Ablagerungen noch vereinzelt auftreten.

Strandbildungen in grösseren Höhen zeigen sich nur an gewissen begrenzten Örtlichkeiten, z. B. zu beiden Seiten des Überlinger Sees. Sie beweisen, dass es eine Zeit gab, zu welcher in verschiedenen Teilen des heutigen Bodensees auch verschiedene Wasserstände herrschten; bei einem Wasserstande von 45 *m* ü. d. S. besass der Überlinger See einen Abfluss in einen rund 20 *m* tiefer gelegenen Untersee, und eine Verbindung an Stelle des heutigen Konstanzer Rheins fehlte gänzlich. Nach Singer entstand die Absperrung an jener Stelle durch Eis, welches wahrscheinlich damals noch den ganzen Obersee einnahm und in die beiden Arme Überlinger- und Untersee eine Strecke weit hineinreichte. In diesen beiden Becken mussten sich vor der Eiskante Schmelzwasserseen ansammeln, von welchen der nördliche, im Überlinger Seebecken durch mächtige Moränenwälle am Abfliessen gehindert, höher anschwoll als der südliche im Unterseebecken. Die Uferbildungen am Überlinger See (in 45 *m* Höhe) liegen also über dem Maximalstande des gemeinsamen Bodensees. Die höchstgelegenen Uferbildungen am Untersee liegen in 24 *m* Höhe über dem Seespiegel. Das Niveau von rund 30 *m* ist am wahrscheinlichsten als Maximalniveau eines einheitlichen Bodensees zu bezeichnen. Dies findet auch Bestätigung in einer theoretischen Betrachtung des Verf. über die Abflussmöglichkeiten des Sees.

Die Seen des Tatragebirges behandelte Dr. K. Grissinger [1]. Als Grenze der Tatragruppe betrachtet er die Flüsse Hutianski, Bela und Javorinka. Das Vorkommen von Seen in der Tatragruppe ist wie in den Pyrenäen und Ostalpen auf den Granit, also auf das Urgestein beschränkt; in den Belaer Kalkalpen fehlen sie vollständig. Für die beiden anderen Gebirgsabschnitte verzeichnet die von dem k. und k. militär-geographischen Institute in Wien herausgegebene Spezialkarte der Zentralkarpathen (1 : 75 000) nicht weniger als 120 Seen, von denen 107 auf die Hohe Tatra, 13 auf die Liptauer Alpen entfallen. Es zeichnet sich also die Hohe Tatra durch besonderen Seenreichtum aus. Namentlich diese letzteren Seen finden in bezug auf Reinheit und Farbenpracht des Wassers selten ihresgleichen. In sinniger Weise nennt der Volksmund die Seen der

---

[1]) **Studien zur phys. Geographie der Tatragruppe. Bericht über das 18. Vereinsjahr, erstattet vom Vereine der Geographen an der Universität Wien 1893.**

Tatragruppe „Meeraugen", dem Meere entstammend denkt sich das Volk dieselben und wähnt, dass ihre Tiefe eine ungeheuere sei.

Die Höhenlage der Seen bewegt sich zwischen 1100 und 2200 *m* über dem Meere. Die meisten Seen (37) liegen zwischen 1600 und 1700 *m*, also in der Mitte der 1100 *m* breiten Seenzone. Ein sekundäres Maximum (20) treffen wir in einer Höhe von 2000 bis 2100 *m*, also in einem um 400 *m* höher gelegenen Niveau. Auf das Höhenintervall von 1600—2100 *m* entfallen nicht weniger als 97 Seen, d. i. 80% sämtlicher Seen des Gebietes. Es ist diese Höhenstufe von 500 *m* Breite ein „seenreicher vertikaler Gürtel", wie solche Dr. A. v. Böhm für die Hochseen der Ostalpen nachgewiesen hat; aber unsere seenreiche Zone reicht tiefer herab, als in den Gebirgsgruppen der Alpen mit gleicher mittlerer Kammhöhe, wie unsere Gruppe, was wohl durch die höhere geographische Breite des letzteren Gebietes zu erklären ist. Innerhalb der Gruppe ergeben sich einige Schwankungen in der Höhenlage der seenreichsten Zone. Dieselbe erstreckt sich bei den Liptauer Alpen von 1600—1900 *m*, während sie in der Hohen Tatra von 1600—2100 *m* reicht. Es richtet sich demnach auch in der Tatragruppe, wie bei den Hochseen der Ostalpen, die Höhenlage der seenreichen Zone nach der mittleren Kammhöhe der Gebirge.

Stellt man die Seen nach ihrer Lage auf der Nord- oder Südabdachung des Gebirges zusammen, so findet man, dass in den Liptauer Alpen die Verteilung der Seen beiderseits eine nahezu gleiche ist, während in der Hohen Tatra 70% der Seen dieses Gebietes auf der Südabdachung liegen. Vergleicht man die Verteilung der konstanten Schneeflecken in der Hohen Tatra mit der vertikalen Verteilung der Seen daselbst, so findet man, dass die schneereichste Höhenstufe auf der Südabdachung gleich den Seen in einem höheren Niveau liegt als auf der Nordabdachung, dass somit mit den seenreichsten Zonen auch die schneereichsten Gebiete steigen und fallen.

Ihrer Entstehung nach sind die meisten Seen der Hohen Tatra (mehr als $^3/_4$) auf Gletscherwirkung zurückzuführende echte Felsbeckenseen, wie sie die Pyrenäen, die Alpen, die skandinavischen Gebirge, die Mittelgebirge Deutschlands, überhaupt alle Gebirge aufweisen, die entweder noch gegenwärtig Gletscher bergen oder einstmals vergletschert waren. Bei mehreren Seen wird die Seeschwelle durch eine alte Moräne gebildet, sie sind also Moränenseen. Hierher gehören auf der Nordseite der Fischsee, der Smreczynsee und die 3 Toporowyseen im Sucha Wodathale; auf der Südseite der Grüne See im Weisswasserthale, der Felkasee, der Poppersee und Csorbersee. Durch Schutthalden abgedämmte Seen scheinen in der Tatra nicht vorzukommen.

Temperaturmessungen hat Dr. Grissinger nur in folgenden 4 Seen vorgenommen: Fischsee, Csorbersee, Poppersee und Eissee im Grossen Kohlbachthale. Vergleicht man den Fischsee (1384 *m*) auf der Nordabdachung und den Csorbersee (1351 *m*) auf der Süd-

abdachung, welche fast im gleichen Niveau liegen, miteinander, so tritt recht augenfällig der Unterschied der ungleichen Exposition in der Temperaturabnahme mit der Tiefe hervor. Der Csorbersee ist in den oberen Schichten bedeutend wärmer als der Fischsee, und selbst in der Tiefe von 20 *m* zeigt sich noch ein geringer Unterschied zwischen beiden (5.5° und 5.9° C.). Ungleich rascher aber vollzieht sich im Csorbersee die Abkühlung mit der Tiefe, als im Fischsee. Der Poppersee (1503 *m*) auf der Südabdachung ist, obwohl höher gelegen als der Fischsee, noch in einer Tiefe von 3 *m* wärmer als letzterer. Der Eissee (ca. 2100 *m*) im Grossen Kohlbachthale, ebenfalls auf der Südabdachung, zeigt schon sehr niedrige Temperaturen (am 13. September 1886, 4^h nachmittags, an der Oberfläche 8° C., am Grunde in 3.5 *m* Tiefe 6.9° C.) und eine sehr rasche Abnahme derselben bis auf den Grund. In strengen Wintern dürfte derselbe wohl bis auf den Grund zufrieren, da er sehr seicht und rings von steilen Felswänden eingefasst ist[1]).

Die Temperaturverhältnisse der baltischen Seen schilderte Dr. W. Ule auf dem 10. deutschen Geographentage in Stuttgart. Die Messungen, welche er im Auftrage der Zentralkommission für deutsche Landeskunde in zahlreichen Seen Ostholsteins und Ostpreussens unlängst ausgeführt hat, haben ergeben, dass die Wärmeverhältnisse derselben von den an Alpenseen, besonders von E. Richter am Wörthersee in Krain gemachten und auf dem Wiener Geographentage mitgeteilten Beobachtungen wesentlich abweichen. Die baltischen Seen besitzen namentlich ausserordentlich warmes Wasser in den tieferen Regionen, wahrscheinlich infolge starker Grundwasserspeisung. Die hohen Temperaturen auf die geringe Tiefe der norddeutschen Seen zurückzuführen, geht nicht an; denn dieselben sind weit tiefer, als die direkte Sonnenwirkung reicht. Letztere ist hier überhaupt gering, wie die unerhebliche tägliche Amplitude der Wassertemperatur an der Oberfläche darthut, doch ist auch hier eine allmähliche Erwärmung des Wassers durch die Sonne vorhanden; es zeigt sich die von E. Richter zuerst beobachtete sogenannte „Sprungschicht". Diese liegt aber hier durchweg tiefer. Auf ihre Lage und Form übt wahrscheinlich auch der Wind Einfluss aus; denn nach stürmischen Tagen zeigte sich eine Veränderung der thermischen Verhältnisse. Überhaupt ist diejenige Schicht des Wassers, innerhalb welcher die Temperatur sprungweise sich ändert, keine festliegende, sondern bewegt sich fortwährend auf und ab.

Temperaturumkehr und Wasserzusammensetzung im See de la Girotte in Savoyen. Dieser See ist 1892 von A. Delebecque untersucht worden. Seine Länge beträgt 1300 *m*, die Breite variiert zwischen 400 und 500 *m*, und die grösste Tiefe erreicht 99.4 *m*. Er liegt in 1736 *m* Meereshöhe. Seine Temperatur während der warmen Jahreszeit nimmt nicht, wie bei den übrigen Alpenseen, bis zum

---

[1]) Deutsche Rundschau f. Geographie u. Statistik **16.** p. 35.

Boden ab, sondern die Abnahme reicht nur bis 25 *m*, wo die Temperatur ein Minimum von 4°—5° erreicht, um dann bis zum Boden auf 7° zu steigen. Diese Temperaturumkehr findet sich an der ganzen Ausdehnung des Sees, dessen Boden vollkommen regelmässig, teils kieselig, teils schlammig ist. Gleichwohl nimmt die Dichte des Wassers regelmässig von oben nach unten zu; denn im Gegensatze zu den anderen Seen ist die chemische Zusammensetzung des Seewassers an der Oberfläche sehr verschieden von der in der Tiefe: Das Wasser der Oberfläche enthält 0.068 *g* feste Rückstände im Liter, während das des Bodens 0.52 *g* ergiebt (eine für einen Alpensee sehr hohe Zahl), und zwar 0.035 *g* schweflige Säure, 0.171 *g* Schwefelsäureanhydrid, 0.136 *g* Calciumoxyd und 0.059 *g* Manganoxyd; ausserdem enthält das Bodenwasser eine beträchtliche Menge Schwefelwasserstoff, den man über 25 *m* Tiefe nicht findet. Ein ähnliches Vorkommen ist am Schwarzen Meere beobachtet worden; während aber hier der Schwefelwasserstoff auf Zersetzung organischer Substanzen zurückgeführt wurde, ist Delebecque der Meinung, dass im See de la Girotte die Quelle des Schwefelwasserstoffes in der Einwirkung von warmem Wasser auf schwefelkiesige Gesteine zu suchen sei [1]).

Die Entstehung der Lapisinischen Seen ist von K. Futterer nachgewiesen worden [2]). Er bezeichnet mit diesem Namen nach dem Vorgange von Catullo zwei bei Belluno in den Venetianischen Alpen gelegene kleine Seen (den Lago di Santa Croce und Lago Morto). Beide Seen liegen auf Einbruchfeldern in einem durch zahlreiche Verwerfungen zerstückelten Bruchfelde. Die Seen sollen 800—900 *m* tief sein, ihre teilweise flachen Ufer werden durch Flussalluvionen und Schutt von Bergstürzen gebildet. Eine Wirkung des Eises ist nirgends zu bemerken, auch ist es nicht wahrscheinlich, dass die Seen in ihrer heutigen Form schon vor der Eiszeit bestanden und durch das Eis vor Auffüllung mit Schutt bewahrt wurden. Die Seen sind aller Wahrscheinlichkeit nach sehr junge Erscheinungen.

12. Gletscher und Glazialphysik.

Die Gletscherkornbildung ist bisher als eine Eigentümlichkeit des Gletschereises betrachtet worden. R. Emden hat nun hierüber Untersuchungen angestellt [3]), aus denen hervorgeht, dass die physikalischen Unterschiede zwischen dem Eise der Gletscher und den anderen Modalitäten, in welchen erstarrtes Wasser erscheint, keine so tiefgehenden sind, wie man gemeiniglich annimmt. Die Kornbildung ist nach Emden eine Eigenschaft des Eises an sich und durchaus keine auszeichnende Besonderheit des Gletschereises. Im

---

1) Compt. rend. 1893. **116.** p. 700.
2) Zeitschrift d. deutsch. geolog. Gesellsch. 1891. **44.** p. 123.
3) Mitteil. d. k. k. Geogr. Gesellsch. in Wien 1893. **36.** p. 897.

Anschlusse an Forel wird gezeigt, dass experimentell in stark abgekühltem Schnee ein Umlagerungsprozess der Moleküle zuwege gebracht werden kann, welcher wirkliche Körner erzeugt — Körner, welche sowohl die Tyndall'schen Schmelzfiguren, als auch die Forel'schen Streifen erkennen lassen und eine vollständige Analogie mit den Molekülen der Gletschermasse bethätigen. Auch die Eisprismen, aus welchen sich die an der Oberfläche eines ruhenden Wassers gebildete Decke zusammensetzt, besitzen ganz die optischen Eigenschaften echter Gletscherkörner, gleiches gilt für das Agglomerat von Körnchen, in welches sich künstliches Eis im Laufe der Zeit umlagert, und endlich hat Emden auch bei den Eiszapfen eine deutlich entwickelte Konstruktur nachweisen können.

Zwischen Firn und Gletschereis erblickt man den wesentlichen Gegensatz darin, dass die Firnkörner nicht direkt aneinander liegen, sondern durch ein zementartiges Bindemittel zusammengehalten werden. Den Übergang vom Firn- zum Gletscherkorne denkt sich Emden, ähnlich wie dies früher schon Hugi und L. Agassiz thaten, in der Weise vollzogen, dass jener Eiszement, je mehr man von der eigentlichen Firnmulde sich entfernt, mehr und mehr zurücktritt, bis mit seinem gänzlichen Verschwinden die Metamorphose ihren Abschluss erreicht hat. Auch hier würde durch diese neue Auffassung also erhellen, dass eine grundsätzliche Verschiedenheit zwischen den Firn- und Gletscherkörnern nicht besteht, sondern lediglich eine gestaltliche. Emden fasst die Resultate seiner von der glazialen Physik jedenfalls wohl zu beachtenden Studien in nachstehender These zusammen: „Die Gletscherkornbildung ist keine Eigentümlichkeit des Gletschereises, sondern eine durch einen molekularen Umkristallisationsprozess erklärbare Eigenschaft eines jeden Eises und hat daher mit dem Gletscher als solchem nichts zu thun, und die Bewegung des Gletschers kann ohne dieselbe zu stande kommen. Gletscherkornbildung und Gletscher haben keine wesentliche wechselseitige Beziehung [1]."

Das Schmelzen des Gletschereises im Inneren und an der unteren Fläche ist von Schiotz studiert worden [2]). Als Ursache dieses Schmelzens hat man anzusehen: die innere Erdwärme, die Reibungswärme, welche bei der Bewegung entsteht, und den Druck im Inneren. Die Temperatur im Inneren einer ausgedehnten Gletschermasse hängt ab von den Temperaturschwankungen an der Oberfläche und von der Wärmezufuhr aus dem Erdinneren, wobei jedoch das Eis niemals über 0^{0} erwärmt werden kann. Die Temperaturschwankungen der Luft pflanzen sich mit abnehmender Amplitude bis zu einer bestimmten Tiefe fort, in welcher eine konstante Tempe-

---

[1]) Ausland, aus „Über das Gletscherkorn". Von der Schweizer. Naturforsch. Gesellsch. mit dem Preise der Schläflistiftung gekrönte Schrift von Dr. Robert Emden. Zürich 1892.

[2]) Christiania Videnskabs-Selskabs Forhandlinger 1891. Nr. 6.

ratur herrscht, die der Mitteltemperatur des Ortes gleich ist. Da aber das Eis, auch wenn die Sommertemperatur der Luft weit über 0° steigt, niemals wärmer als 0° werden kann, so muss die konstante Temperatur niedriger sein als die Mitteltemperatur des Ortes. Die Tiefe, in welcher diese invariable Temperatur liegen wird, hängt von der Wärmeleitungsfähigkeit des Eises ab und berechnet sich aus den für letztere vorliegenden Angaben auf etwa 20 *m*. Von dieser Tiefe an muss die Temperatur abwärts wegen der aus dem Erdinneren zuströmenden Wärme gleichmässig steigen. Da aber am Grunde keine höhere Temperatur im Eise angenommen werden kann, als sein dem herrschenden Drucke entsprechender Schmelzpunkt, so hat man für die Diskussion 2 Fälle zu unterscheiden: 1. Das Eis ist nicht mächtiger, als dass alle der Erde entströmende Wärme fortgeführt wird. 2. Die Mächtigkeit des Eises ist so gross, dass ein Teil der Wärme zum Schmelzen am Grunde verbraucht wird. Im ersten Falle ist die durch 1 *qm* Erdoberfläche austretende, von der Wärmeleitungsfähigkeit der Erdschichten und von der geothermischen Tiefenstufe abhängige Wärmemenge gleich der durch 1 *qm* Eis fortgeführten Wärme. Um die Dicke der Eisschicht für diesen Fall auszumitteln, muss man ausser der Mitteltemperatur des Ortes die geothermische Tiefenstufe im Eise oder die Tiefe für die Zunahme um 1° C. kennen; dieselbe kann unter der Annahme, dass die Wärmeleitungsfähigkeit des Eises in der ganzen Schicht die gleiche und die oben angegebene ist, nicht grösser sein als 26 *m*. Daraus berechnet sich z. B. für den Teil des Binneneises Grönlands, den Nansen durchzogen, aus den Mitteltemperaturen die Dicke der Eisschicht, welche alle zuströmende Erdwärme fortführt, im Inneren des Landes zu 560 *m* und unterhalb der Schneegrenze zu 280 *m*.

Wenn die Eisschicht eine grössere Mächtigkeit hat, wird die Temperaturzunahme in ihrem Inneren von der Dicke des Eises abhängen. Die Differenz der Wärmemenge, welche von unten in das Eis einströmt, und derjenigen, welche von der Eissäule fortgeführt wird, wird zum Abschmelzen an der unteren Gletscherfläche verbraucht. Die gesamte, jedem Quadratmeter Erdoberfläche im Laufe eines Jahres entströmende Wärmemenge beträgt nun unter den vom Verf. eingeführten Annahmen 603 Kalorien, welche, bei der Schmelzwärme des Eises von 80 Kalorien, im ganzen 7.54 *kg* Eis, oder pro Quadratmeter Fläche eine Schicht von 8.33 *mm* wegschmelzen würde. Von dieser Wärme muss man diejenige noch abziehen, welche stetig fortgeführt wird. Wenn die Eisschicht eine Mächtigkeit von 2000 *m* hat, wird so viel fortgeführt, dass jährlich nur eine Eisschicht von 7.22 *mm* Dicke weggeschmolzen wird, eine im Vergleiche zu dem jährlichen Zuwachse durch die Niederschläge nur unbedeutende Grösse.

Schwieriger zu berechnen ist die Reibungswärme, welche während der Bewegung der Eismassen erzeugt und gleichfalls als Quelle zur Verringerung der Dicke der Eisschicht in einem Binneneise an-

geführt wird. Um eine obere Grenze für diese Wärme zu finden, nimmt Verf. an, dass die Reibung nur durch die Arbeit der Schwerkraft erzeugt wird. Unter der Annahme stationärer Zustände ist die Oberfläche des Binneneises trotz der Niederschläge am Ende des Jahres in derselben Meereshöhe, wie am Anfange desselben; die Arbeit der Schwerkraft besteht dann darin, die ursprüngliche Oberfläche um so viel sinken zu lassen, als dem jährlichen Zuwachse gleich ist. Diese Arbeit entspricht bei einer Höhe der Eisoberfläche von 1000 p. über dem Meere und einem jährlichen Zuwachse von h *mm* einer Wärme von 2.155 p. h Kal., welche ungefähr 0.03 p. h *kg* Eis schmelzen könnte, oder 3 p. % des jährlichen Zuwachses. Dabei ist indessen zu beachten, dass selbst, wenn alle Arbeit der Schwere in Wärme umgewandelt wird, nicht die ganze Reibungswärme zum Schmelzen des Eises verwendet werden könnte, vielmehr ein Teil derselben vom Eise fortgeführt wird. Noch unbedeutender als die Reibungswärme sind die Wärmemengen, welche durch den im Inneren des Eises herrschenden Druck erzeugt und zum Schmelzen des Eises verfügbar gemacht werden. Ist die Dicke der Eismasse im Mittel 1000 *m*, der Druck auf den Boden pro Quadratmeter also 900 000 *kg* oder 87 Atmosphären, so beträgt die durch Kompression des Eises erzeugte Wärme 0.095 Kal. und die durch die Kompression der eingeschlossenen Luft erzeugte 0.051 Kal.; im ganzen würden somit nur 0.146 Kal. Wärme erzeugt, welche 0.0018 *kg* oder 0.2 % des komprimierten Eises schmelzen könnte. Die Reibungswärme und die durch den Druck veranlasste zusammengenommen, würden bei einem Zuwachse von 1 *m* Eis im Jahre die Temperatur des Eises nicht um 0.005° C. erhöhen können.

Der wesentlichste Faktor, um das Wachsen der Eisdecke zu verhindern, ist also die Sonnenwärme. Unterhalb der Schneelinie bewirkt sie, dass das Eis an der Oberfläche nach und nach wegschmilzt. Das dabei entstandene Schmelzwasser rinnt zum Teile längs der Oberfläche ab; der grösste Teil aber fliesst hinab zum Untergrunde durch die Spalten, welche reichlich das Eis unterhalb der Schneelinie durchziehen, indem es unterwegs etwas Wärme an das kalte Eis im Inneren abgiebt. Im Laufe des Sommers wird auf diese Weise auf dem Binneneise Grönlands so viel Wasser dem Untergrunde zugeführt, dass die Gletscherbäche das ganze Jahr hindurch, ja sogar mitten im strengsten Winter Wasser führen. Das Wasser, das auf dem Boden des Eises angelangt ist, wird nämlich nicht frieren, selbst mitten im Winter, weil das Eis an den meisten Stellen so dick ist, dass die Temperatur unten nicht niedriger ist als der Schmelzpunkt.

Zurückweichen des Pasterzengletschers. Nach F. Seeland[1]) betrug das Zurückweichen des unteren Gletschers 1890—91 im ganzen 6.5 *m*, dasjenige des oberen Gletschers 3.5 *m*. Die gesamte Zurückweichung seit Herbst 1878 beträgt 69.46 *m*.

[1]) Zeitschr. d. Deutsch. u. Österr. Alpenvereins 1892. **23.** p. 426 u. f.

Moränen und Gletscher der chilenischen Kordillere. A. Noguès hat die Moränen und Gletscher der Kordillere von Chillan in Chile untersucht[1]). Er kommt zu dem Ergebnisse, dass die Gletscher in einer Zeit vor der Eruption der Vulkane von Chillan auf der Kordillere existierten, und dass ihre Mächtigkeit grösser war, als die der heutigen Gletscher. Das zeigten ihm zweierlei Arten von Moränen aus zwei bestimmt verschiedenen Epochen: 1. Moränen aus der Vorzeit der Bildung oder der Eruption der noch thätigen Vulkane, wahrscheinlich der tertiären Zeit angehörig. 2. Moränen aus der Nachzeit dieser Vulkane, darum auch gebildet aus dem Schutte der von letzteren ausgespienen Gesteine und Laven. Pissis äussert in seiner „Geografica fisica de la Republica de Chile“ in zweifelnder Form die Meinung, dass am Ende der tertiären Periode ein grosser Umsturz eingetreten sei, und zwar durch das Schmelzen der Gletscher mittels der Wärme vulkanischer Eruptionen, welche über das ganze grosse Längsthal von Chile verbreitet waren und so enorme Massen von Schutt über dasselbe sich ausbreiten liessen. Die Beobachtungen des Verfassers bestätigen diese Ansicht von Pissis. In dem Engthale des Renegado, selbst an den Thermen von Chillan unterhalb der Gletscher zeigen sich Moränen, welche von gegenwärtigen Gletschern gebildet sind. Das Badehotel ist auf einer dieser Moränen erbaut, als deren bestimmtes Gepräge Laven, Schutt von neueren vulkanischen Gesteinen und Sand als Produkt der vulkanischen Aschen (Trumao) auftreten. Der Schub der Laven ist in dem Thale stark vorwärts gerichtet, während jener der neueren Moräne weit dahinter zurückbleibt. In den Umgebungen der Thermen, nur etwas tiefer, findet sich auf dem linken Ufer des Gletscherflusses eine mächtige alte Moräne aus Kieseln und nicht gerollten kantigen Blöcken von grossem Umfange, deren Thone oder Schlamm erhärtet sind und so den Schutt verkittet haben. Im Verhältnisse zu der gegenwärtigen Orographie der Region befindet sich diese Moräne in einer anormalen Lage. Ein Teil der Kordillere ist weggerissen und verschwunden. Das war eine Endmoräne nach dem Verhältnisse dieser weggerissenen Partie. Krater sind durchgebrochen und haben ihre Wände emporgerichtet; da, wo Fumarolen sich erheben, zeigen sich nun alle Merkmale eines degradierten und niedergerissenen Kraters. Diese alte Moräne charakterisiert sich durch die Abwesenheit von Laven und ausgeworfenen vulkanischen Gesteinen. Ihre Bestandteile unterscheiden sich von jenen der neuen Moräne, und Verfasser fand überdies einen Schutt von Gesteinen vor, welche sich nicht in ihrer Umgebung zeigen. Endlich ihre Lage, ihre Zusammensetzung stellen sie in eine Zeit zurück, wo die Vulkane von Chillan noch nicht ihre Laven und Schlacken ausgeworfen hatten. Es giebt also ältere Moränen, welche vor der Bildung der Vulkane der Kordillere von Chillan vorhanden waren, und es gab Gletscher auf derselben Kor-

[1]) Actes de la Société scientifique du Chili 1892.

dillere vor der Bildung und Thätigkeit der Vulkane. Es bleibt nur noch zu untersuchen, ob, wie es wahrscheinlich, das Erscheinen alter Gletscherspuren ein allgemeineres in den südlichen Kordilleren ist. — Wir können nur noch hinzusetzen, dass nach den Mitteilungen des Verfassers selbst die ganze Umgebung der fraglichen Region zwar eine recht wilde ist, aber doch einen Geist der Beschaulichkeit in sich trägt. Ein feiner schwarzer Staub aus vulkanischer Asche dringt überall ein, reizt zum Husten, bedeckt die Kleider und nistet sich darin fest. Die kleine Gruppe der Vulkane von Chillan besteht aus zwei grossen Kegeln, dem Nevado, dem Volcan viejo und einem kleineren im Osten. Diese Spitzen der Kordillere von Chillan haben keine grosse Höhe: der Nevado steigt bis auf 2904 *m*, der Volcan viejo ist niedriger. Die Gletscher umringen diese Vulkane und zeigen sich auf allen Höhen der Kordillere. Auf dem südlicher gelegenen Vulkane von Antuco findet man sie in einer Höhe von 2184 *m*, während sie im Angesichte der Halbinsel von Tres-Montes unter 46° südlicher Breite und in der Magelhaensstrasse fast bis zum Meeresspiegel herabsteigen[1].

Eigentümliche Eisbildungen in Argentinien. Die abenteuerlichen Formen, in welchen sich stellenweise in den südlichen Teilen der Kordilleren das Gletscherphänomen ausprägt, sind zuerst von Ch. Darwin bemerkt, später von Max Rae und Güssfeldt näher beschrieben worden und haben neuerdings die Aufmerksamkeit von L. Brackebusch auf sich gezogen, der sich auch mit der Entstehung dieser Gebilde — von den Neuspaniern als „Penitentes“ (Büsser) bezeichnet — eingehender beschäftigt hat. Es sind spitze, grossenteils über mannshohe Eispyramiden, die in wildem Durcheinander sich erheben und in ihrer äusseren Erscheinung einigermassen an die bekannten „Erdpyramiden“ Tirols gemahnen. Brackebusch fand dieselben niemals auf festem Gesteine, auch nicht auf thoniger Unterlage, wohl aber auf lockerem, durchlässigem Boden, vorwiegend auf vulkanischen Auswürflingen, wie sie in jenen Gegenden häufig die obere Bodendecke ausmachen. Die Fläche, auf der die Penitentes stehen, darf auch anscheinend keine abflusslose sein, indem in letzterem Falle zwar die gefrorene Masse eine gefurchte, karrenfeldähnliche Oberfläche erhalten, niemals aber einer so kolossalen Zerklüftung teilhaftig werden kann, wie man sie thatsächlich beobachtet; man begegnet den „Büsserfeldern“ bereits unterhalb der eigentlichen Schneegrenze, und ihr Stoff ist nicht als Schnee, sondern als ein Mittelglied zwischen diesem und eigentlichem Gletschereise zu betrachten. Brackebusch erblickt in diesen Eiszacken die Überreste eines voreinstigen wirklichen Gletschers, dessen Unterfläche durch eine Schuttansammlung vom Felsbette getrennt war. Jene kam infolge der steten Durchtränkung mit Schmelzwasser ins Rutschen; die

[1]) Natur 1893. p. 107.
[2]) Globus 63. Nr. 1 und 2 und Ausland 1893. Nr. 14.

darüber lagernde Eismasse konnte dieser Bewegung nicht so rasch folgen und zerbarst. Nachdem einmal der Ferner zahlreichen Zerklüftungen ausgesetzt war, vermochte die an sich starke Insolation mit verstärkter Kraft einzugreifen, und so modellierte die Sonnenwärme die pittoresken Gestalten der Penitentes heraus, welche nach dieser Erklärung nicht als etwas Dauerndes, sondern als etwas ziemlich rasch Vergängliches aufzufassen sind. Der von Prof. S. Günther gegebenen Anregung, einen besonderen Gletschertypus für diese Eisformationen aufzustellen, schliesst sich Prof. Brackebusch an, und zwar schlägt er vor, denselben statt als Anden- vielmehr als argentinischen Typus in die physikalische Geographie einzuführen.

Die tägliche Bewegung der Gletscher am Mount Cook auf Neuseeland ist von Baker gemessen worden[1]). Der Hookergletscher an der Westseite des Mount Cook (7 engl. Meilen, über 11 *km*, lang und durchschnittlich eine halbe Meile, 0.8 *km*, breit) zeigte in der Mitte eine tägliche Bewegung von 39 *cm*, nahe den Rändern von ca. 25 *cm*; die durchschnittliche jährliche Bewegung ist 40 *m*.

Der Murchisongletscher zeigte eine mittlere tägliche Bewegung von 12.5 *cm* oder 45.5 *m* im Jahre.

Der Müllergletscher hatte eine durchschnittliche tägliche Bewegung von 17 *cm* oder 62 *m* pro Jahr.

Am grossen Tasmangletscher auf der Ostseite des Mount Cook (17.5 engl. Meilen, 28 *km*, lang und zwischen $1^1/_4$ und 2 Meilen, 2—3 *km*, breit) wurden von Baker 2 Steinreihen quer über den Gletscher gesetzt, die eine 5 Meilen (9 *km*) von seinem unteren Ende, die andere ca. $1^1/_4$ Meilen (2 *km*) weiter oberhalb.

Die untere Steinreihe gab zwischen dem 5. Dezember 1890 und dem 7. Januar 1891 eine tägliche Bewegung von 39.6 *cm* pro Tag (144 *m* im Jahre); die weiter oberhalb gesetzte Steinreihe weniger, 28.1 *cm* täglich (d. i. 104 *m* im Jahre).

Die Untersuchungen über die Gletscherbewegung werden fortgesetzt.

Baker bemerkt noch, dass nach der Karte von Julius Haast aus dem Jahre 1862 und seiner eigenen Aufnahme 1887 die Endzunge des Müllergletschers sich sehr merklich zurückgezogen hat; leider lässt sich das Mass dieses Rückganges nicht bestimmen, da die Aufnahme von 1862 in einem zu kleinen Massstabe gemacht worden ist.

Die Gletscher Spitzbergens hat Charles Rabot studiert[2]). Er fand die Gletscherentwickelung in den 5 Teilen dieser Inselgruppe nicht gleichmässig entwickelt. Nordostland ist mit einer kontinuierlichen Eisschicht bedeckt, wie sie von den skandinavischen Geologen

---

[1]) Report of the Third Meeting of the Australasian Association for the advance of sciences. Christchurch 1891.

[2]) Compt. rend. **117.** p. 72.

als „Inlandeis“ bezeichnet wird und auf Grönland in so ausgedehntem Grade typisch entwickelt ist. Ganz anders ist das Bild von dem räumlich grössten Lande, von Westspitzbergen; hier beobachtet man drei grosse Gletschermassive, die durch eisfreie Zonen voneinander getrennt sind. Im Süden bis zur Breite von Belsund bedeckt das erste Massiv die Insel auf etwa 2 Drittel ihrer Breite. Im Nordwesten bildet die Halbinsel, welche durch die Wijdebai, den Eisfjord und das Nordmeer umschrieben ist, die 2. Gletscherzone, während die 3. Zone den ganzen Nordosten von Spitzbergen östlich von der Klaas Billen-Bai und der Sassenbai einnimmt.

In diesen verschiedenen Massiven ist das Gletscherphänomen verschieden ausgebildet; auf der Ostküste ist es bedeutend stärker entwickelt als auf der Westküste. Während im Nordosten aus der ungeheueren Eisfläche nur selten Felsenvorsprünge auftauchen, und hier der höchste Grad der Vergletscherung einer Alpenlandschaft vorliegt, zeigt die Nordwestgruppe, wenigstens in ihrem südlichen Teile, Ketten von Felsspitzen, welche die weiten, mit Gletschern erfüllten Thäler beherrschen. Das südliche Massiv hält zwischen diesen beiden Extremen etwa die Mitte. Im Inneren von Spitzbergen, von der Sassenbucht bis zur Agardtbucht und der Van Mijenbucht erstreckt sich ein weites Gebiet, in dem man nur einzelne wenig ausgedehnte Gletscher findet. Inmitten der grossen Gletschermassive der Insel findet sich eine Oase, bedeckt mit einer verhältnismässig reichen Vegetation und bevölkert von zahlreichen Rentierherden.

Wie die Alpengletscher erleiden auch die Gletscher Spitzbergens Längenänderungen, die man am schönsten an dem Gletscher der Recherchebai verfolgen kann. Für die Beurteilung derselben bietet die Hauptgrundlage die 1838 gezeichnete Karte der Recherchebucht, zu welcher Zeit der Gletscher sich hier in einer Periode sehr ausgesprochenen Wachsens befand. Dann zeigte er einen regelmässigen Rückgang, der zuerst 1873 von Nordenskiöld gemeldet wurde. 1890 befand sich die Stirn dieses Gletschers nach den Messungen von Björling etwa 2 *km* von dem Orte im Jahre 1838 entfernt, und im vorigen Jahre haben die Offiziere der „Manche“ einen Rückgang um 300 *m* in den beiden letzten Jahren konstatiert. Aber während der Gletscher des Ostens zurückwich, zeigten andere ein Vorrücken. Im Winter 1860—61 füllte ein Eisstrom den Ankergrund der Van Mijenbucht aus. Zur selben Zeit war auch die Ginevrabucht von einem Gletscher eingenommen, und ein anderer Gletscher verband die Morsesinsel im Storfjord mit dem Festlande. Es scheinen somit im Jahre 1860 die Gletscher Spitzbergens ein Wachsen gezeigt zu haben in Übereinstimmung mit dem Vorrücken, das man in den Alpen vor etwa 40 Jahren beobachtet hat.

Das Binneneis Grönlands. Die Durchquerung Grönlands durch Dr. Nansen hat diesem Gelegenheit zu einer interessanten Studie über das Inlandeis Grönlands gegeben. Im Vereine mit H. Mohn hat derselbe die bezüglichen wissenschaftlichen Ergebnisse veröffent-

licht[1]). Hiernach zeigt die Oberfläche des Inlandeises eine regelmässige Wölbung von der einen zur anderen Küste Grönlands. Sie steigt vom Meere verhältnismässig steil auf, die Steigung nimmt aber allmählich ab, je weiter man sich von der Küste entfernt, so dass die Oberfläche des Eises infolge dessen die Gestalt eines Schildes hat, der von Süden nach Norden breiter und zugleich flacher wird. Sieht man von kleinen Unregelmässigkeiten, welche der Querschnitt darbietet, ab, so stellt sich die Eigentümlichkeit heraus, dass die Peripherie des Inlandeises in einem Schnitte senkrecht auf der Längsaxe sich einer mathematischen Kurve nähert. Dies entspricht vollkommen der Erwartung; denn das Inlandeis ist als eine ungeheuere plastische Masse aufzufassen von solcher Mächtigkeit, dass die Form seiner Oberfläche nur in sehr beschränktem Grade von der Form des Untergrundes abhängig sein kann. Eine plastische Masse, die sich auf ebener Unterlage ungehindert nach allen Seiten ausdehnen kann, nimmt mit der Zeit eine mathematisch gewölbte Form an, und die Oberfläche im Querschnitte gestaltet sich zu einer ellipsenähnlichen Kurve, die sich freilich fortwährend ändert, je länger die Masse liegt, und je flacher sie geworden. Wird hingegen ein regelmässig über die Oberfläche sich verbreitender Zuwachs beschaffen, und schneidet man anderseits eine entsprechende Menge von den Rändern ab, dann bleibt die Form der Masse konstant. Unregelmässigkeiten der Unterlage beeinflussen die Oberfläche der Masse je nach dem Grade der Mächtigkeit; dass das Inlandeis nur geringe Abweichungen von der mathematischen Gestalt aufweist, ist durch die Mächtigkeit der Eismasse bedingt. Das Profil der Route ist von Nansen einer eingehenden Ausmessung unterzogen worden, welche ergab, dass das Profil mit einem Kreisbogen zusammenfällt, dessen Radius 10382 *km* ist; die grösste Abweichung lag in der Nähe der Küsten, wo das Eis steiler abfällt.

Mit Rücksicht auf die Beschaffenheit der Oberfläche hat man die beiden Randzonen in der Nähe der beiden Küsten und den grossen mittleren Teil zu unterscheiden. Die ersteren zeigen namentlich an den konvexen Krümmungen zahlreiche Spalten und Klüfte und mehr oder weniger grosse Unebenheiten der Oberfläche; Bäche wurden auf der Oberfläche fast gar nicht angetroffen. Das Vorkommen von Spalten und Unebenheiten wechselte an den Randzonen, wie oft an Eisströmen und Schreitgletschern beobachtet worden. In dem ganzen mittleren Teile des Inlandeises wurden hingegen keine Spalten und beinahe keine Unebenheiten angetroffen, ebenso wenig Bäche oder Seen. Vom 30. August bis 19. September „war die Oberfläche glatt wie ein Spiegel, ohne andere Unebenheiten als die Spuren, die wir selbst hinterliessen“.

Überall war die Oberfläche mit Schnee bedeckt, an der Randzone mit grobkörnigem, im Inneren mit feinem; blaues Gletschereis

---

[1]) Petermann's Mitt. Ergänzungsheft Nr. 105.

war nirgends an der Oberfläche zu sehen, sondern nur in den Spalten der Randzonen. Der Schnee zeigte im Inneren einen sehr interessanten, schichtweisen Bau, der von den jährlichen Schneefällen herzuleiten ist. Staub oder Schmutz wurde im Inneren Grönlands auf der Oberfläche des Schnees nirgends gefunden; auch an der Ostküste fehlten sie; nur in der Nähe der Westküste wurde an mehreren Stellen Kryokonit gefunden, aber stets nur sehr geringe Mengen desselben. Nirgends, weder im ganzen Inneren Grönlands, noch in den Randzonen, mit Ausnahme der letzten kleinen Abdachung der Westküste, wurden auf der Oberfläche Steine (erratische Blöcke) oder Moränenschlamm gefunden. Die enormen Massen von losem Materiale, Kies, und Steinen, welche das grönländische Inlandeis mit sich schleppt, bilden eine Grundmoräne und werden zum grossen Teile von den unter dem Eise fliessenden Bächen fortgeführt.

Trotz dem stetigen jährlichen Zuwachse des Inlandeises durch die Schneemassen, scheint dasselbe nicht merkbar zu wachsen. Die Abschmelzung durch die Sonnenstrahlen an den Rändern und durch die Erdwärme an der Unterseite kann diesem Anwachsen nur in sehr geringem Grade entgegenwirken, sie ist zu unbedeutend; wirksamer ist die horizontale Bewegung, das Abfliessen der Eismasse, über deren Grösse jedoch vorläufig noch alle Daten fehlen. Ebenso fehlen Beobachtungen, welche einen direkten Schluss auf die Dicke des Inlandeises erlaubten. Nansen hält es für wahrscheinlich, dass der Untergrund des Inlandeises ein Bergland sei, welches grosse Ähnlichkeit mit Norwegen hat. Danach müsste man annehmen, dass die Dicke der Eisschicht, welche alle die Unebenheiten gleichmässig bedeckt, eine sehr verschiedene und stellenweise eine ganz bedeutende sein muss. Eine Berechnung der Eisdicke wäre nach Nansen möglich, wenn man durch Bohrungen im Eise feststellte, in welchem Verhältnisse die Temperatur von dem Punkte an, wo die Jahresschwankung aufhört, mit der Tiefe zunimmt; unter Berücksichtigung des Druckes hätte man dann die Tiefe zu ermitteln, in welcher das Eis geschmolzen ist[1]).

Über die Eisbildung in den Polarmeeren verbreitete sich eingehend Dr. Pechuel-Loesche in der Geographischen Gesellschaft für Thüringen[2]). Es finden sich 3 Hauptformen dieser Bildungsweise: 1. Gletschereis, 2. Flächeneis, 3. ins Meer geführtes Süsswassereis. Von letzterem, dessen Masse unbedeutend ist, sieht Dr. Pechuel-Loesche ab.

1. Genau in derselben Weise wie in den Hochgebirgen bilden sich auch in den Polargegenden schon in niederen Regionen Gletscher. Man nimmt an, dass ein grosser Teil, vielleicht ganz Grönland, von einem Eismantel überdeckt ist, also einem ungeheueren Gletscher gleicht. Dieses Eis ist nicht unbeweglich, alle seine kleinsten Teile

---

[1]) Naturwissenschaftl. Rundschau 1893. Nr. 10. p. 121.
[2]) Naturw. Wochenschrift von Potonié 1893. p. 188 u. ff

sind in fortwährender Bewegung, veranlasst durch Temperaturunterschiede, den Druck der höher liegenden Massen und durch die Schwere. So bewegt sich das Eis unaufhörlich abwärts mit sehr verschiedener Schnelligkeit (3—10, auch 20—25 *m* in 24 Stunden). In Grönland kommen Gletscher von 10—100 *km* Breite dutzendweise vor, ungeheuere Eismassen schieben sie zum Meere hinab. Da dieses Eis porös und mürbe ist, ist es leichter als Meerwasser (im Durchschnitte um $^1/_7$), es wird also, wenn es ins Meer dringt, schwimmen, doch hängt es so lange mit der Hauptmasse zusammen, bis der Auftrieb des Wassers gross genug wird, um ein Stück abzubrechen. Das abgebrochene Stück steigt empor und wälzt sich umher, bis es sein Gleichgewicht findet. Man nennt diesen ganzen Vorgang „kalben". Bei der ungeheueren Ausdehnung der Gletscher entstehen ununterbrochen Eisberge, oft tausende an einem Tage. Hauptgebiet der Eisberge ist das Meer westlich und östlich von Grönland, im Norden der Beringstrasse giebt es gar keine Eisberge, da das Meer dort zu flach ist, auch im nördlichen Archipel von Amerika kommen nur ganz kleine vor. Finden sie sich sonstwo, so sind sie durch Meeresströmungen oder Winde dahin geführt.

Der Eisberg wird selbstverständlich mancherlei Wandlungen seiner Gestalt erleiden. Manchmal zerstören ihn rasch die Temperaturdifferenzen im Eise selbst. Im Inneren herrscht zuweilen noch eine Kälte von 30°, bei der er entstand, während aussen 0—5° herrschen, das erzeugt gewaltige Spannungen, die das Eis auseinandersprengen: der Berg „platzt". Es wirken ferner die Temperaturdifferenzen zwischen Tag und Nacht. Am Tage schmilzt durch Sonnenbestrahlung, warme Luft und Regen ein Teil des Eises, das Schmelzwasser sammelt sich in Höhlungen. Nachts gefriert es und sprengt Stücke des Berges ab. Werden die unteren Teile zu leicht, so sucht er wohl eine neue Lage: er „kippt um".

Die „Berge" sind gar nicht so gross, die meisten haben nur die Grösse von Häusern, sie sind zunächst formlose Klumpen, werden dann modelliert. Da sie nun $^1/_7$ leichter sind als Meereswasser, so nimmt man an, dass $^1/_7$ von ihnen über Wasser ragt, $^6/_7$ unter Wasser liegen, wobei es jedoch nur auf die Masse, nicht auf die Höhe ankommt. Die durchschnittliche Höhe der Eisberge über Wasser beträgt wohl 20—40 *m*, selten 50—80 *m*; 100 *m* kommen schwerlich vor. Alte Eisberge imponieren mehr durch ihre wunderbare Gestalt als durch Höhe.

Im südlichen Eismeere haben die Berge nicht so wunderbare Formen, da die Temperaturdifferenzen dort nicht so gross sind, die Berge daher nicht so schnell umgewandelt werden können. Sie bewahren hier länger ihre eigentliche Gestalt und treiben blockförmig im Meere umher. Diese Blöcke sind mehr nach der Seite als nach der Höhe ausgedehnt, solche von 70—80 *m* Höhe können etliche Quadratkilometer gross sein.

2. Das Flächeneis wirkt nicht durch bizarre Formen, sondern durch unabsehbare Ausdehnung. Wochenlang kann man an einem solchen Eisfelde entlang fahren. Der Seefahrer unterscheidet zwei Hauptformen des Flächeneises: a. das aus übereinandergetürmten Schollen bestehende Packeis, b. das Treibeis, dessen Schollen einzeln schwimmen. Im Treibeise kann man zur Not herumfahren, im Packeise muss man sich mittreiben lassen.

Das Flächeneis bildet sich auf dem Meere selbst, doch überzieht sich nicht das ganze arktische Meer gleichzeitig mit einer Eisfläche, sondern nur die gegen Winde, Strömungen und Seegang geschützten Teile gefrieren. Auch der Salzgehalt erschwert das Frieren, denn Salzwasser gefriert viel schwieriger als Süsswasser, nicht bei 0°, sondern erst bei — $2^1/_2$ ° C. (bei einem Salzgehalte von 3.5 %). Zunächst überziehen sich die geschützten Buchten u. s. w. mit einer ganz dünnen Eisdecke, die sich sehr allmählich verdichtet, denn das Wasser muss seinen Salzgehalt immer erst an benachbarte Wasserteilchen abgeben, ehe es gefrieren kann. Selten überschreitet die Dicke des Eises 2 oder $2^1/_2$ *m*.

Zuweilen kommt es vor, dass, wenn die Kälte ganz allmählich eintritt, wenn die Luft ganz still, das Meer durch nichts bewegt ist, das Wasser sich unter den Gefrierpunkt abkühlt, ohne sich in Eis zu verwandeln. Es herrscht dann eine gewisse Spannung, aber ohne Eisbildung, bis dann infolge einer Erschütterung plötzliche Erstarrung eintritt. Es ist dann ganz unmöglich für die Wasserteilchen, ihr Salz nach unten abzugeben, sie müssen es behalten, oder vielmehr die Eiskristalle schliessen zwischen sich Wasserteilchen ein, welche ihr Salz noch zu dem eigenen hinzubekommen haben und nun um so schwerer gefrieren. Dieser Vorgang setzt sich fort, bis schliesslich das Wasser so salzig wird, dass es überhaupt nicht mehr gefriert. Die Verdunstung muss dann hinzutreten, das Salz blüht an der Oberfläche aus, an der man es dann wohl händeweise sammeln kann. Weil dieses so rasch gebildete Eis zwischen sich Wasserteilchen einschliesst, ist es biegsam und beweglich, es krümmt sich mit dem Wellengange, mit einem Stocke kann man durch dieses „Filzeis" hindurchstossen, den Menschen jedoch trägt es, wenn er auch Fusstapfen darin zurücklässt. Erst wenn der Rest des Wassers verdunstet ist, wird auch dieses Eis spröde und hart und unterscheidet sich dann nur durch seinen grossen Salzgehalt von anderem Eise.

Das Eis bleibt nicht ruhig liegen. Strömungen, Winde und schon in Bewegung befindliche Eisfelder suchen die Decke zu zerstören, sie wird gesprengt, die Teile werden über- und untereinandergeschoben, es entstehen Wälle und Hügel von beweglichen Schollen, die dann oft wieder vollständig fest verkittet werden: das Packeis. Wie dick dieses Eis werden kann, lässt sich schwer bestimmen, denn wie es oben bald flach und glatt, bald hoch aufgetürmt ist, so auch unten; es ist möglich, dass es zuweilen 20—50 *m* unter Wasser reicht.

Kein Teil des Polarmeeres ist dagegen gesichert, dass seine Eisdecke zersprengt wird und sich ablöst. Fortwährend ist das Eis in Bewegung, es „arbeitet“. Liegt ein Schiff im Eise, so hört man auf demselben die ununterbrochenen Bewegungen des Eises, hervorgerufen durch Temperaturdifferenzen, eingeklemmte Schollen, Verschiedenheit des Druckes u. s. w. Zu diesen kleinen Bewegungen kommen grössere: Spaltbildungen, deren Breite einen Fuss, aber auch mehrere Kilometer betragen kann. Die Hauptbewegung tritt ein durch Druck der Winde und Strömungen und durch die Eismassen, die schon Winden und Strömungen gehorchen. Der Wind hat vielleicht den grössten Einfluss, denn auch das schwerste Packeis schwimmt oft gegen eine Strömung, wenn der Wind stark genug ist. Zusammenstösse kommen vor, weil oft ein Eisfeld noch in Bewegung bleibt, nachdem der Wind aufgehört hat, oder wenn ein Eisfeld mit grossem Tiefgange einer Strömung, ein anderes dem Winde gehorcht. Es tritt dann gegenseitige Zertrümmerung ein, nicht durch den ersten Zusammenstoss, sondern durch die Drehung, in der sich die Eisfelder befinden. Denn das Eis schwimmt nicht einfach in der Richtung des Windes, sondern wegen der vielen Unebenheiten bewegt sich die eine Seite viel schneller als die andere, und es entsteht eine drehende Bewegung. Dreht sich nun das andere Eisfeld vielleicht in entgegengesetzter Richtung, so zermalmen sie sich gegenseitig zu lauter einzelnen Schollen: Treibeis. Schiffe, die etwa dazwischen gefangen werden, sind meist rettungslos verloren[1]).

13. Die Lufthülle im allgemeinen.

Der Kohlensäuregehalt der Atmosphäre ist von G. Puchner untersucht worden[2]), und zwar regelmässig während längerer Zeiträume und an verschiedenen Punkten in München und ausserhalb der Stadt. Die Luft über und in der Stadt war bei Tag und Nacht in der kalten Jahreszeit beträchtlich reicher an Kohlensäure als in der warmen. Tag und Nacht finden verschiedene Schwankungen statt, die nicht überraschen können, da für die Örtlichkeit die Ausatmung der auf engem Raume zusammenwohnenden Menschen und die Raucherzeugung in betracht kommt. Deutlichen Einfluss auf den Kohlensäuregehalt der Luft hat nur die Raucherzeugung. Der Kohlensäuregehalt der Freilandluft wurde 1 *cm*, 2 *m* und 10 *m* hoch über dem Boden ermittelt und schwankte in allen Höhenlagen fortwährend und beträchtlich. Die Kohlensäure nimmt bei Nacht bald zu, bald ab im Vergleiche zum vorangegangenen Tage. Der Kohlensäuregehalt der Waldluft wurde ebenfalls in verschiedenen Höhen ermittelt und zeigte grosse Unregelmässigkeiten, weil er von den verschiedensten Faktoren abhängig ist. Im allgemeinen wurde die Waldluft kohlensäurereicher als die Luft im Freien gefunden.

[1]) Vergl auch p. 202.
[2]) Forsch. auf d. Geb. d. Agrikulturphysik **15.** p. 296.

Der Kohlensäuregehalt der Luft über stehenden und fliessenden Gewässern zeigte je nachdem verschiedene Schwankungen. Aus allen Untersuchungen des Verf. geht unzweideutig hervor, dass die meisten Ergebnisse (1527 Bestimmungen unter 1741) auf einen zwischen 2.0 — 5.5 Volumteilen, im Mittel bei 3.67 Volumteilen liegenden Kohlensäuregehalt in 10000 Volumteilen der Atmosphäre hinweisen, dass mithin die Annahme weit geringerer Schwankungen der Kohlensäure in der Luft nicht stichhaltig ist[1]).

Die Absorption des Lichts in der Erdatmosphäre ist von G. Müller auf dem Gipfel des Säntis in 2504 *m* Höhe studiert worden[2]), nachdem derselbe vorher ähnliche Beobachtungen in Potsdam angestellt hatte. Es wurden auf dem Säntis an 13 Sternen 1. bis 4. Grösse photometrische Messungen in den verschiedensten Zenithdistanzen ausgeführt, aus denen dann eine Kurve der Lichtschwächung mit zunehmender Zenithdistanz abgeleitet wurde. Die Gesamtergebnisse fasst der Beobachter in folgende Sätze zusammen:

1. Die photometrischen Messungen auf einer 2500 *m* über dem Meere gelegenen Station, welche sich über einen Zeitraum von 2 Monaten erstrecken, zeigen, dass der Verlauf der Extinktionskurve in den höheren Schichten der Atmosphäre vom Zenith bis in die unmittelbare Nähe des Horizonts sich mit befriedigender Genauigkeit durch die Laplace'sche Extinktionstheorie darstellen lässt. Unter Anwendung einer aus sämtlichen 388 Messungen berechneten Extinktionstabelle ergiebt sich der wahrscheinliche Fehler einer einzelnen Beobachtung zu $\pm$ 0.079 Grössenklassen, ein Betrag, der nicht unerheblich kleiner ist als der entsprechende für die Potsdamer Extinktionsbeobachtungen.

2. Die Vergleichung der für die einzelnen Beobachtungstage gesondert berechneten Extinktionskurven lässt erhebliche Unterschiede erkennen, die in der Nähe des Horizontes bis zu 0.4 Grössenklassen und darüber anwachsen. Ein ungefährer Zusammenhang mit den meteorologischen Verhältnissen spricht sich in der Weise aus, dass bei anhaltend hohem Barometerstande und trockener Luft, zumal wenn dieser Zustand sich auf ein grösseres, umliegendes Gebiet erstreckt, die Extinktion am kleinsten ist, während sie im allgemeinen an vereinzelten klaren Tagen bei niedrigem Barometerstande und feuchter Luft am grössten zu sein scheint.

3. Die Gegenüberstellung der für den Säntis und für Potsdam gefundenen Extinktionstabellen zeigt die Überlegenheit der höheren Station in bezug auf die Durchsichtigkeitsverhältnisse. Das Licht eines Sternes wird vom Zenithe bis zu einer scheinbaren Höhe von 2° in der Ebene um fast eine halbe Grössenklasse mehr geschwächt als auf dem Berggipfel. Allerdings macht sich dieser Vorteil der höheren Station vorzugsweise erst bei den grösseren Zenithdistanzen

1) Chem Centralblatt 1893. **2.** p. 348.
2) Publik. des astrophys. Observat. zu Potsdam **8.** 1. p. 5.

bemerkbar; er beträgt bei einer Zenithdistanz von 70° 0.2 Grössenklassen, bei 80° 0.3 u. s. w. Der blosse Anblick des gestirnten Himmels auf einem hohen Berggipfel verleitet im allgemeinen zu einer Überschätzung des Helligkeitszuwachses.

4. Für die Schwächung, welche die gesamte Atmosphäre im Zenith auf dem Säntis hervorbringt, ergiebt sich aus den Beobachtungen nach der Laplace'schen Theorie der Betrag von 12 %, oder mit anderen Worten: ein Stern würde ausserhalb der Atmosphäre um 0.14 Grössenklassen heller erscheinen als im Zenith. Da der entsprechende Wert für Potsdam 0.20 Grössenklassen ist, so folgt für die Absorption einer Atmosphärenschicht zwischen dem Meeresniveau und einer Höhe von 2500 *m* der Wert von 0.06 Sterngrössen, ein Betrag, der allerdings noch der direkten experimentellen Bestätigung durch simultane Beobachtungen an nahe bei einander gelegenen Stationen bedarf.

Eine erschöpfende Behandlung der Frage nach der Intensität des Sternlichtes ausserhalb der Atmosphäre auf Grundlage der Säntisbeobachtungen findet Verf. nicht möglich, beabsichtigt aber in einem der nächsten Sommer gleichzeitige photometrische Beobachtungsreihen an zwei benachbarten Stationen von möglichst grossem Höhenunterschiede anzustellen und dadurch direkt die Absorption der zwischenliegenden Luftschicht zu ermitteln.

Bezüglich der verschiedenen Durchlässigkeit der Luft für verschiedene Strahlengattungen ging noch entschiedener als aus den Potsdamer Beobachtungen aus jenen auf dem Säntis hervor, dass der Einfluss einer selektiven Absorption der Atmosphäre auf die Sternhelligkeiten durchaus unmerklich ist. In 86° Zenithdistanz ist die durchstrahlte Luftmasse nahe 12 mal grösser als im Zenithe, und doch war bei allen Sternen die Helligkeitsabnahme innerhalb jener Masse völlig konstant, im Durchschnitte aus allen Sternen etwa 0.14 Grösse. Wenn merkliche selektive Absorption stattfände, dann sollte man erwarten, den Extinktionskoeffizienten aus weissen Sternen kleiner zu finden, als aus roten, aber ein solcher Unterschied war nur schwach angedeutet und ebenso gut dadurch erklärbar, dass die Beobachtungen der einzelnen Sterne an verschiedenen Tagen unter verschiedenen meteorologischen Umständen geschehen.

Die Dispersion der atmosphärischen Luft ist neuerdings von H. Kayser und C. Runge bestimmt worden[1]), wobei sie sich eines Rowland'schen Konkavgitters bedienten. Bringt man zwischen das Konkavgitter und die photographische Platte in den Gang der Strahlen ein Prisma, so lenkt dasselbe die Strahlen ab, das Spektrum erscheint auf der Platte verschoben. Aus der Grösse der Verschiebung und dem Abstande des Prismas von der Platte ergiebt sich der Ablenkungswinkel der betreffenden Strahlen und damit der Brechungsexponent des Prismas. Als Prisma wurde ein durch

---

[1]) Sitzungsber. d. k. preuss Akad. 1893. p. 153.

Quarzplatten verschlossenes Hohlprisma aus Kupfer gewählt, in welchem die Luft auf etwa 10 Atmosphären komprimiert wurde. Da für Gase die Grösse n — 1 proportional der Dichte variiert, konnten aus den beobachteten Ablenkungen die Brechungsexponenten für Luft von Atmosphärendruck und 0^{0} berechnet werden.

Die Versuche wurden an sieben verschiedenen Stellen des Spektrums zwischen den Wellenlängen $\lambda = 563\ \mu\mu$ und $\lambda = 236\ \mu\mu$ ausgeführt, und aus den Resultaten wurde die Cauchy'sche Dispersionsformel berechnet. Diese Formel ergiebt nach den Verff. die Brechungsexponenten für alle Wellenlängen bis auf eine Einheit der 7. Dezimalstelle richtig, bezogen auf 0^{0} und 760 *mm* Druck, aber nicht auf trockene Luft; will man die Werte für trockene Luft finden, so muss man die 7. Dezimalstelle um 3 Einheiten erhöhen. Aus der Formel sind die Brechungsexponenten für die Fraunhofer'schen Linien berechnet und in einer Tabelle zusammengestellt, aus der nachstehende Angaben entnommen sind: Der Brechungsexponent der Luft ist für D = 1.000 292 2, für E = 1.000 293 3, für G = 1.000 296 1, für L = 1.000 298 7, für O = 1.000 301 5 und für die kürzeste berechnete Wellenlänge von $236\ \mu\mu$ = 1.000 322 0.

Das Auftreten und die Intensitätsänderungen der terrestrischen Spektrallinien wurden von Dr. Müller auf dem Säntis untersucht [1]). Es fanden sich dabei folgende Ergebnisse:

„1. Bei mittlerem Sonnenstande ist in einer Höhe von 2500 *m* von denjenigen atmosphärischen Linien, welche von der Absorption des Wasserdampfes herrühren, ein sehr erheblicher Teil (etwa 40 %) gänzlich unsichtbar, die übrigen erscheinen wesentlich geschwächt. Bis zu einer Zenithdistanz der Sonne von 60^{0} ändert sich das Aussehen der Linien so gut wie gar nicht. Erst bei tieferem Stande nimmt die Intensität merklich zu, und die fehlenden Linien treten zum grössten Teile allmählich hervor.

2. Die Intensitäten der einzelnen Linien, abgeleitet aus Beobachtungen an verschiedenen Tagen und ausgedrückt in einer willkürlich gewählten Stufenskala, nehmen bei wachsenden Zenithdistanzen der Sonne etwa in demselben Verhältnisse zu, wie die Längen der von den Sonnenstrahlen in der Atmosphäre durchlaufenen Wege.

3. Der Anblick des weniger brechbaren Teiles des Spektrums ist im grossen und ganzen auffallend ähnlich dem in der Ebene an kalten und trockenen Wintertagen, was mit der beobachteten Thatsache im Einklange steht, dass der Dunstdruck auf dem Berge im Sommer etwa ebenso gross ist, wie in der Ebene im Winter. Sorgfältige Intensitätsschätzungen der Linien bei D und C können also ein brauchbares Mittel sein, um die Abnahme des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft mit der Höhe des Beobachtungsortes zu prüfen.

---

[1]) Publik. des astrophys. Observ. zu Potsdam 8. 1.

4. Abweichend von den durch die Absorption des Wasserdampfes hervorgerufenen, atmosphärischen Linien verhalten sich die von anderen Bestandteilen der Atmosphäre herrührenden, speziell die der α-Gruppe. Fast sämtliche Linien dieser Gruppe sind auch bei hohem Sonnenstande auf dem Berge ohne Schwierigkeit sichtbar, und die Intensitätsdifferenzen bei entsprechendem Sonnenstande auf dem Berge und in der Ebene sind erheblich geringer als bei den Gruppen D und C."

14. Temperatur.

Der Wärmeaustausch an der Erdoberfläche und in der Atmosphäre. Die thermodynamischen Vorgänge im Luftmeere sind so schwierig wissenschaftlich darzustellen, dass darüber noch sehr grosse Ungewissheit herrscht. Prof. v. Bezold hat seit längerer Zeit sich mit dem Studium derselben beschäftigt und legte der Preuss. Akademie der Wissenschaften eine erste Mitteilung über den Wärmeaustausch in der Atmosphäre vor [1]). In dieser Abhandlung giebt er zunächst eine präzise Darstellung der allgemeinen Sätze und eine Untersuchung über den Wärmeaustausch im Erdboden. Einleitend werden die Wärmemengen berechnet, welche erforderlich sind, um gewisse Wirkungen an der Erdoberfläche hervorzubringen, und mit jenen Mengen verglichen, die im stande sind, eine Eisschicht von bestimmter Höhe zu verdunsten. Als Wärmeeinheit wurde dabei stets die grosse oder Kilogrammkalorie, als Längeneinheit das Meter, als Zeiteinheit die Minute genommen.

Dies vorausgesetzt, findet man die Zahl der erforderlichen Wärmeeinheiten: zur Erwärmung von 1 *cbm* Wasser um $1^0 = 1000$, zur Erwärmung von 1 *cbm* Erdreich um $1^0 = 300$—600, zur Verdunstung einer Schicht Wasser von 1 *mm* Höhe pro Quadratmeter Grundfläche = 600, zum Schmelzen einer Schicht Eis von 1 *mm* Höhe pro Quadratmeter = 76, zur Erwärmung der über 1 *qm* Grundfläche lastenden Luftsäule um $1^0 = 2454$, zur Erwärmung von 1 *cbm* Luft von 0^0 bei konstantem Drucke von 760 *mm* um $1^0 = 0.307$.

„So elementar diese Zusammenstellung ist, so giebt sie doch schon wertvolle Fingerzeige. Zunächst sieht man, dass der Unterschied in der Wärmekapazität von Wasser und festem Erdreiche, den man nicht selten als einen Haupterklärungsgrund für die Verschiedenheit von Land- und Seeklima angeführt hat, sich wesentlich vermindert, wenn man nicht gleiche Massen, sondern, was hier weit wichtiger ist, gleiche Volume miteinander vergleicht. Vor allem aber zeigt sie, welche ganz enorme Rolle im Wärmehaushalte der Natur der Verdunstung zufällt, und wie sie es ist, welche neben der Beweglichkeit des Wassers bei der eben berührten Frage in erster Linie in betracht kommt . . . Noch mehr fällt dieser gewaltige

---

[1]) Sitzungsber. d. k. preuss. Akad. d. Wissensch. 1892. Nr. 54.

Einfluss der Verdunstung in die Augen, wenn man sich an der Hand der mitgeteilten Zahlen klar macht, dass zur Verdunstung von 1 *mm* Niederschlag ebenso viel Wärme erforderlich ist, als zur Schmelzung einer rund achtmal dickeren Eisschicht, und dass diese Wärmemenge hinreicht, um den Erdboden auf 1 *m* bis 2 *m* Tiefe um 1° zu erwärmen oder die gesamte auf der gleichen Grundfläche lastende Luftsäule bis zur Grenze der Atmosphäre um ¼°."

„Bewegt sich 1 *kg* Luft mit den Geschwindigkeiten von 10 *m*, 20 *m*, 30 *m*, und setzt man die denselben entsprechenden Energien, bezw. Arbeitsleistungen in die äquivalenten Wärmemengen um, so würden diese die plötzlich zum Stillstande gebrachte Luft, wenn sie sich bis zum Gleichgewichtszustande ausdehnen kann, um rund 0.05°, 0.2°, und 0.45° erwärmen. Da es nun sicher zu hoch gegriffen ist, anzunehmen, dass die mittlere Windgeschwindigkeit der ganzen Atmosphäre 20 *m* beträgt, so würde bei plötzlicher Verwandlung der translatorischen Bewegung der ganzen Atmosphäre in Wärme eine Temperaturerhöhung der ganzen Luftmasse um 0.2° eintreten. Dieselbe entspricht einer Wärmemenge, welche nicht einmal hinreicht, eine Wasserschicht von 1 *mm* Höhe zur Verdunstung zu bringen. Die potentielle Energie der Luftdruckdifferenzen kann offenbar nur von derselben Ordnung sein wie die der Winde, welche durch dieselben entstehen; man sieht also, dass die Mengen, welche in diesen Formen von Energie vorhanden sind, sehr klein sind im Vergleiche zu jenen, welche bei der Änderung des Aggregatzustandes des Wassers zum Austausche kommen. Der Gehalt an Wasserdampf muss dementsprechend bei Bestimmungen der totalen Energie eines Stückes der Atmosphäre in erster Linie mit berücksichtigt werden."

Dem bis jetzt betrachteten Wärmeaufwande steht der Wärmegewinn durch die Sonneneinstrahlung gegenüber. Der Wert der Solarkonstanten (d. h. die Anzahl der Grammkalorien, welche 1 *ccm* Oberfläche an der Grenze der Atmosphäre bei senkrechtem Auffallen der Strahlen pro Minute von der Sonne empfängt) ist noch nicht sicher bestimmt. v. Bezold nimmt ihn zu 2.5 an und berechnet, dass hiernach jedes Quadratmeter der beschienenen Erdhälfte durchschnittlich pro Minute 12.5 Kalorien empfängt. Diese Wärmemenge wäre im stande, eine Eisschicht von 11.84 *cm* zu schmelzen, oder eine Wasserschicht von 15 *mm* zur Verdunstung zu bringen, was auf das Jahr berechnet einer Wasserhöhe von 550 *cm* oder einer Eisschicht von 43 *m* entspricht. Fügt man hinzu, dass, wie am Schlusse der vorliegenden Abhandlung nachgewiesen ist, die im Erdboden während eines Jahres ausgetauschten Wärmemengen im äussersten Falle eine Wasserschicht von 40 *mm* zur Verdunstung bringen können, so erhält man nachstehende Werte: Es entspricht der Sonnenstrahlung im Tage eine Verdunstung von 1.5 *cm*, der Sonnenausstrahlung im Jahre eine Verdunstung von 550 *cm* Wasser, dem jährlichen Wärmeaustausche in der Erde eine von weniger als 4 *cm*, der Erwärmung der Atmosphäre um 1° die Verdunstung von

0.4 *cm* und der kinetischen Energie der Atmosphäre die Verdunstung von weniger als 0.08 *cm* Wasser.

Vergleicht man die der gesamten Sonnenstrahlung entsprechende Verdunstungshöhe mit den beobachteten Niederschlagshöhen, so kommt man zu dem Schlusse, dass entweder selbst der Wert der Solarkonstante 2.5 noch viel zu hoch ist, oder dass von der gesamten auf die Grenzfläche der Atmosphäre fallenden Strahlenmenge nur ein viel geringerer Teil in die unteren Schichten gelangt, als man nach den an ganz heiteren Tagen angestellten Messungen über die Absorption in der Atmosphäre erwarten möchte. Diesen Bruchteil könnte man schätzen, wenn die mittlere Niederschlagshöhe der ganzen Erde bekannt wäre, da die Wiederverdunstung der Niederschläge die Hauptarbeit der Sonnenwärme ist. Leider kann man über diese Niederschlagsmengen keine einigermassen sicheren Angaben machen. Jedenfalls aber werden die wirklich zum Erdboden gelangenden Wärmemengen einen viel kleineren Bruchteil der Gesamtstrahlung ausmachen, als die Messungen an vollkommen wolkenlosen Tagen ergeben haben.

Es wird eben ein erheblicher Bruchteil der auffallenden Strahlen von den Wolken absorbiert und wohl noch ein viel grösserer an der oberen Begrenzungsfläche derselben reflektiert und so eine Menge strahlender Energie gleich an der Schwelle zurückgewiesen. Es wäre sehr wichtig, Methoden auszudenken, welche in den Stand setzen, die Rückstrahlung von der Oberfläche der Erde und der Wolken wenigstens annäherungsweise zu messen.

Nach diesen einleitenden Darlegungen stellt nun v. Bezold die allgemeinen Sätze auf, welche bei den Vorgängen des Wärmeaustausches massgebend sind. Diese Sätze enthalten zwar nichts Neues, aber v. Bezold beweist sie in einer präzisen und schulgerechten Form, in welcher sie nun wohl in die Lehrbücher übergehen dürften. Sie lauten:

I. „Die im Laufe eines Jahres der ganzen Erde durch Bestrahlung zugeführten und durch Ausstrahlung entzogenen Wärmemengen sind im Durchschnitte einander gleich."

II. „Die Wärmemengen, welche einem bestimmten Stücke der Erdoberfläche oder der Atmosphäre auf den verschiedenen möglichen Wegen im Laufe eines Jahres zugeführt oder entzogen werden, sind einander im Durchschnitte gleich."

III. „Die Wärmemengen, welche einzelnen Stellen der Erdoberfläche oder der Atmosphäre im Laufe eines Jahres durch Strahlung zugeführt und durch Ausstrahlung entzogen werden, sind im allgemeinen einander nicht gleich, es giebt vielmehr Teile der Erde, an denen die Einstrahlung, und andere, an denen die Ausstrahlung überwiegt." Die Richtigkeit dieses Satzes folgt aus der Thatsache, dass fortgesetzt warme Luft und warmes Wasser aus den äquatorialen Gegenden polwärts fliessen, während kalte Luft und kaltes Wasser, bezw. Eis aus den polaren Gegenden nach den äquatorialen strömen.

Es wird somit dem äquatorialen Gürtel immerfort Wärme durch Konvektion und durch Energie translatorischer Bewegung entzogen, die durch überwiegende Einstrahlung ersetzt werden muss, wenn die Mitteltemperaturen konstant bleiben sollen, während für die polaren Gegenden das Umgekehrte gilt. Die ganze Erde kann somit geteilt werden in eine äquatoriale Zone, in welcher die Einstrahlung, und in zwei polare, in welchen die Ausstrahlung überwiegt. Diese „Strahlungszonen“ werden durch „neutrale Linien“ voneinander getrennt, eine auf der nördlichen und eine auf der südlichen Halbkugel. Schematisch kann man sich im Jahresmittel den ganzen Wärmeaustausch innerhalb der Atmosphäre und an der Erdoberfläche durch einen Wärmestrom ersetzt denken, der in der äquatorialen Zone durch die Begrenzungsfläche der Atmosphäre eintritt, und nachdem er sich in 2 Äste gespalten hat, in den polaren Zonen austritt. In Wirklichkeit hat man es aber mit Doppelströmen zu thun, indem gleichzeitig warme Massen polwärts und kalte gegen den Äquator geführt werden, deren Summe erst den einfachen Strom des Schemas liefert. Die Ermittelung der neutralen Linien und die Bestimmung der Intensität dieses schematischen Stromes bilden eine wichtige Aufgabe des hier betrachteten Kapitels der Physik des Luftmeeres.

„Da man nun alle auf die Einstrahlung bezüglichen Grössen unter Zugrundelegung eines bestimmten Wertes der Solarkonstante wenigstens annäherungsweise berechnen kann, wenn man den Verlauf der neutralen Linien kennt, und da auch die angenäherte Ermittelung der Intensitäten der beiden Zweige des schematischen Wärmestromes keineswegs auf unübersteigliche Schwierigkeiten stossen wird, so ist demnach auch die Möglichkeit gegeben, die in den einzelnen Strahlungszonen ausgestrahlten Mengen zu finden, mit Einschluss der in den höchsten Regionen der Atmosphäre zurückgeworfenen.“

Diese Sätze beziehen sich auf die ganze Erde und das Jahr. Ähnliche lassen sich auch für bestimmte Teile der Erde und Zeitabschnitte aufstellen, z. B.:

IV. „Die Wärmemengen, welche einzelnen Teilen der Erdoberfläche oder der Atmosphäre innerhalb bestimmter Abschnitte des Jahres zugeführt und entzogen werden, sind einander im allgemeinen nicht gleich.“ Der Beweis dieses Satzes liegt in der einfachen Thatsache, dass der thermische Zustand der Erdoberfläche und der Atmosphäre periodischen Schwankungen unterworfen ist, dass es Zeiten überwiegender Einstrahlung und solche überwiegender Ausstrahlung giebt. Während der überwiegenden Einstrahlung wächst die Energie, und zwar besteht dieser Zuwachs in Zunahme der Temperatur, Vermehrung der vorhandenen Dampfmenge, Verwandlung von Eis in Wasser, Erzeugung von Druckdifferenzen oder Bewegungen; hingegen nimmt die Energie ab bei überwiegender Ausstrahlung, was sich durch Sinken der Temperatur, Kondensation oder Gefrieren des Wassers, sowie durch Verminderung der Druckdifferenzen und Bewegungen kundgeben wird.

V. „Die im Laufe bestimmter Abschnitte des Jahres durch die Begrenzung der ganzen Atmosphäre ein- und austretenden Wärmemengen sind einander nicht notwendigerweise gleich.“ Wäre die Erdoberfläche und die Atmosphäre homogen und die Erdbahn kreisförmig, so müsste solche Gleichheit bestehen; da jedoch diese Bedingungen nicht erfüllt sind, sondern da sich die Gebiete überwiegender Einstrahlung und überwiegender Ausstrahlung im Laufe des Jahres verlagern, und zwar an Stellen ganz verschiedener Oberflächenbeschaffenheit, so ist kein Grund für solche Gleichheit vorhanden. Es giebt also auch für die ganze Erde Abschnitte des Jahres, in denen die Wärmeaufnahme, und andere, in denen die Abgabe das Übergewicht hat; oder die Gesamtenergie der Erde ist innerhalb des Jahres periodischen Schwankungen unterworfen. Da nun die Einstrahlung an den verschiedenen Punkten der Erdoberfläche zu jeder Zeit des Jahres sehr grosse Verschiedenheiten aufweist, die Ausstrahlung hingegen überall zur Geltung kommt, so zerfällt die Oberfläche zu jeder Zeit des Jahres in Gebiete mit überwiegender Einstrahlung und in solche mit überwiegender Ausstrahlung. Der äquatoriale Gürtel gehört immer, die polaren Gegenden einen wenn auch nur geringen Teil des Jahres, zu dem Gebiete überwiegender Einstrahlung; während die neutralen Linien im Laufe des Jahres bedeutenden Änderungen unterworfen sind, und das von der einen umschlossene polare Gebiet verengert sich fortwährend, bis es im Hochsommer gänzlich verschwindet.

Die angestellten allgemeinen Betrachtungen zeigen, dass es im wesentlichen 3 Punkte sind, welchen man bei den Untersuchungen über den Wärmehaushalt die Aufmerksamkeit zuzuwenden hat: 1. Ein- und Ausstrahlung mit Einschluss der Reflexion. 2. Zu- und Abnahme der Energie an den einzelnen Teilen der Erdoberfläche und in der Atmosphäre; 3. die Konvexion, d. h. die Übertragung der Wärme durch Luft und Wasser. Von diesen ist der erste schon vielfach bearbeitet worden, während die beiden anderen von Prof. v. Bezold in den folgenden Abhandlungen ihre Erörterung finden sollen.

Zunächst geht er zur Untersuchung des Wärmeaustausches im Erdboden über, wobei er folgende Fragen erörtert: 1. Wie gross ist der Unterschied zwischen den innerhalb eines gegebenen Zeitraumes durch die Oberflächeneinheit aufgenommenen und abgegebenen Wärmemengen, d. h. wie gross ist der Zuwachs oder die Abnahme an Energie, welchen der unterhalb der Oberflächeneinheit liegende Erdboden innerhalb dieses Zeitraumes erfahren hat? 2. Wie gross ist der Unterschied zwischen dem Maximal- und Minimalwerte der innerhalb eines gegebenen Zeitraumes in dem betrachteten Stücke des Erdbodens vorhandenen Energie?

v. Bezold findet, dass es zur Bestimmung des jährlichen Wärmeaustausches genügt, wenn man die Temperaturverteilung im Erdboden zu jenen Zeiten des Jahres kennt, zu welchen die Wärme-

aufnahme in -abgabe übergeht, und umgekehrt, Zeitpunkte, welche in mittleren Breiten annäherungsweise mit den Tag- und Nachtgleichen zusammenzufallen scheinen. In ähnlicher Weise lässt sich der Wärmeaustausch innerhalb der Tagesperiode ermitteln.

Die ziffermässige Berechnung ist zur Zeit noch schwierig, da zwar Beobachtungen der Bodentemperatur vorliegen, allein Angaben über die Wärmekapazität des Bodens fehlen. Indessen findet v. Bezold, dass die im festen Erdboden zum Austausche kommenden Wärmemengen im allgemeinen klein sind gegen diejenigen, welche zur Verdunstung der Niederschläge erforderlich sind. Zur Bestimmung der innerhalb der Jahresperiode im Erdboden ausgetauschten Wärmemengen genügt in mittleren Breiten die Kenntnis der Bodentemperaturen im Frühjahre und Herbste, im Vereine mit der Kenntnis der Wärmekapazität der Volumeinheit des betreffenden Bodens. Zur Bestimmung des täglichen Wärmeaustausches sind wenigstens in den Stunden nach Sonnenaufgang und vor Sonnenuntergang stündliche Beobachtungen jener Temperaturen notwendig, auf welche die tägliche Periode ihren Einfluss äussert.

Abnahme der Lufttemperatur mit der Höhe. Am Eiffelturme befinden sich in Höhen von 123, 197 und 302 *m* über dem Boden selbstregistrierende Thermometer. Die Angaben derselben aus den Jahren 1890 und 1891 hat A. Angot untersucht und mit den Temperaturmessungen der Station im Parc Saint-Maur, welche sich auf 2 *m* Bodenhöhe beziehen, verglichen.[1]) Das Verhalten der Temperatur in der Nacht ist hiernach folgendes: In allen Monaten steigt die Temperatur zunächst in dem Masse, als man sich vom Boden erhebt; sie erreicht ein Maximum in einer veränderlichen Höhe, welche im Mittel 170 *m* beträgt. Der Unterschied zwischen dieser Maximaltemperatur und derjenigen, welche man in 2 *m* Höhe beobachtet, ist im Durchschnitte 1.1°; am kleinsten ist er im Winter und im Frühlinge (0.7°), am grössten im Herbste (2.1° im Oktober und 2.6° im September).

Die Temperaturumkehr, welche bisher nur als Ausnahme in den Gebirgsstationen beobachtet worden, erscheint also hier als normales Phänomen bei den in freier Luft in der Nacht gemachten Beobachtungen. Die Erklärung derselben ist sehr einfach: während der Nacht kühlt sich der Boden durch Strahlung sehr stark ab, während die Luft, deren Wärmeemissionsvermögen sehr gering ist, sich zunächst nicht durch Strahlung abkühlt, sondern hauptsächlich durch Berührung mit dem kalten Boden. Die tiefsten Schichten der Luft müssen daher die kältesten sein. Mit der Höhe muss also zunächst die Temperatur zunehmen, aber gleichzeitig wird der Einfluss des kalten Erdbodens geringer, und in hinreichend grosser Entfernung, wo der Einfluss des Bodens aufhört sich merklich zu machen, be-

---

[1]) Compt rend. **115.** p. 1270.

ginnt die Temperatur mit zunehmender Höhe abzunehmen, entsprechend dem Gesetze der Gasausdehnung.

Die Höhe des Eiffelturmes (300 *m*) ist nicht hinreichend, um die genaue Ermittelung des Gesetzes der Temperaturabnahme von dem Punkte an, wo der Einfluss des Bodens aufhört, zu gestatten. Wenn man aber für jeden Monat die Kurve zeichnet, welche die Temperaturänderung mit der Höhe giebt, so überzeugt man sich, dass die Neigung der Kurve in 300 *m* im Winter einer Änderung von etwa 0.5° pro 100 *m* entspricht, im Herbste von 0.6°, im Frühlinge von 0.7° und im Sommer von 0.8°.

Am Tage verhält sich die Temperatur anders. Sie nimmt regelmässig ab, in dem Masse, als man sich vom Boden entfernt. Angot hat aus den beiden mittleren Stationen (123 *m* und 197 *m*) das Mittel genommen und so die Temperatur für 160 *m* Höhe erhalten; durch Vergleichung dieser mit den Temperaturen der Endstationen konnte er dann für die einzelnen Monate die Temperaturabnahme pro 100 *m* berechnen, einmal für die Luftschicht zwischen 0 und 160 *m* Höhe und dann für die Schicht zwischen 160 und 302 *m*. Das Gesetz der adiabatischen Ausdehnung der Gase lehrt, dass das Gleichgewicht der Atmosphäre nur dann ein stabiles ist, wenn die Abnahme der Temperatur in derselben kleiner ist als 1° pro 100 *m*. Diese Bedingung ist nun nach dem vorliegenden Beobachtungsmateriale im Mittel stets erfüllt oberhalb 160 *m*; sie ist es aber nicht mehr in der unteren Luftschicht, und zwar vom Februar bis zum September. In allen diesen Monaten müssen daher die untersten Schichten der Atmosphäre sich im labilen Gleichgewichtszustande befinden und in der Mitte des Tages Sitz aufsteigender Ströme sein. Man hatte die Existenz solcher Strömungen a priori angenommen, um verschiedene Erscheinungen damit zu erklären, z. B. die tägliche Änderung der Spannung des Wasserdampfes und der Windgeschwindigkeit, die man in der Nähe des Bodens beobachtet. Die hier besprochenen Temperaturbeobachtungen verifizieren nun diese Hypothese, soweit es die unteren Schichten der Atmosphäre betrifft, in sehr interessanter Weise und zeigen, dass in der That die Wärmeverhältnisse in den wärmsten Tagesstunden derartige sind, dass hier notwendigerweise aufsteigende Ströme entstehen müssen.[1])

Die tägliche Periode der Temperatur im Schnee ist von H. Abels untersucht worden[2]). Die Beobachtungen wurden zu Jekatherinburg in der Zeit vom 4. Februar bis 2. März und vom 1. Januar bis 1. März 1892 stündlich angestellt. Die Temperatur wurde an der Oberfläche des Schnees, in 5 *cm* und in 10 *cm* Tiefe gemessen, und zwar sowohl im lockeren als im festen Schnee. Die Beobachtungen ergaben, dass die Amplitude der Wärmeschwankung mit dem Eindringen in den Schnee schnell abnimmt, und zwar schneller

---

[1]) Naturwissensch. Rundsch. 1893. Nr. 8. p. 93.
[2]) Rep. f. Meteor. 16. Nr. 1.

im lockeren als im festen Schnee, so dass lockerer Schnee ein schlechterer Wärmeleiter ist als fester. Am gleichförmigsten ist die Temperatur des Schnees nachmittags 4 Uhr; im dichteren Schnee findet ein regelmässiges Verspäten mit dem Eindringen in die Tiefe statt, welches beim Minimum 1 Stunde auf je 5 *cm* und beim Maximum 1.5 Stunde beträgt. Beim lockeren Schnee findet sich für die oberen 5 *cm* eine relativ geringe Verspätung, namentlich der Maxima, von da bis zu 10 *cm* Tiefe dagegen eine um so grössere statt. Der Grund dieser Erscheinung ist darin zu suchen, dass die Sonnenstrahlen den Schnee bis zu einer gewissen Tiefe durchdringen, und die hierbei abgegebene Wärme nur durch Leitung wieder verloren gehen kann.

15. Luftdruck.

Der höchste auf der Erde beobachtete Luftdruck. Gegenüber mehreren irrigen Angaben macht A. Woeikof darauf aufmerksam [1]), dass der höchste Luftdruck auf der Erde in Barnaul (Westsibirien) im Dezember 1877 beobachtet wurde. Er betrug 786.5 *mm.* Differenz gegen das Jahresmittel 37.1, Wintermittel 31.2 *mm.* Mittlerer Luftdruck reduziert auf das Meeresniveau Jahr 765.1, Winter 771.8, also das absolute Maximum des Dezember 1877 in Barnaul nach dem Jahresmittel 802.2, Wintermittel 803.0 *mm.*

Die Luftdruck-Maxima und -Minima und die allgemeine atmosphärische Zirkulation. Die Beziehungen der täglichen synoptischen Wetterkarten zur allgemeinen atmosphärischen Zirkulation hat Dr. Herrmann dargestellt [2]). Er knüpft an die Arbeiten von Teisserence de Bort an und stützt sich auf eine Untersuchung der täglichen synoptischen Wetterkarten, welche das dänische Meteorologische Institut und die Deutsche Seewarte herausgeben, und die den Nordatlantischen Ozean sowie die anliegenden Teile der Kontinente umfasst. Prüft man diese Karten, so erkennt man auf ihnen die Zonen wieder, welche auch Maury in seinen Untersuchungen festgelegt hat, und die als der allgemeinen atmosphärischen Zirkulation entsprechend angenommen werden.

Vom Äquator zum Pole fortschreitend, folgen einander also die Zonen:

1. Das Depressionsgebiet der Passatwinde.
2. Das Hochdruckgebiet der aussertropischen Kalmen.
3. Das Depressionsgebiet der westlichen Luftströmung.
4. Das polare Hochdruckgebiet.

In der Bezeichnung der Zonen, welche sonst mit der üblichen zusammenfällt, hat Dr. Herrmann soweit als möglich vermieden, denselben ein Beiwort zu geben, durch welches ihre Lage auf der Erdoberfläche gekennzeichnet wurde. „Es weisen nämlich," sagt er,

---

1) Meteorol. Zeitschr. 1893. p. 110.
2) Meteorol. Zeitschr. 1893. p. 1 u. ff.

„diese Zonen in den synoptischen Wetterkarten Lagen auf, welche sehr erheblich von den aus den Karten mittlerer Luftdruckverteilung für einzelne Monate oder das Jahr sich ergebenden abweichen. Mit Ausnahme der Depressionszone der westlichen Luftströmung können die einzelnen anderen Zonen sogar gänzlich, wenigstens streckenweise, auf der nördlichen Hemisphäre verschwinden. Das Hochdruckgebiet der Kalmenzone fehlt aber naturgemäss nur dann, wenn auch das Depressionsgebiet der Passatwinde verschwunden ist.“

„Die Verteilung des Luftdruckes nach Zonen erfolgt jedoch nicht stets etwa nach den Breitengraden, sondern es nehmen diese Zonen zuweilen eine gegen die Parallelkreise der Erdoberfläche geneigte Lage an.

Es muss hier die Frage offen gelassen werden, ob es überhaupt vorkommt, dass auf der nördlichen Hemisphäre die jeweilig bestehenden Zonen der Luftdruckverteilung sich um die ganze Erde herum erstrecken. Die täglichen synoptischen Wetterkarten des Nordatlantischen Ozeans und der anliegenden Teile der Kontinente weisen dagegen häufig genug eine meridionale Begrenzung dieser Zonen auf. Besonders ist dies im Winter im Osten Europas für die Depressionszone der westlichen Luftströmung der Fall.

Innerhalb des Teiles der Zonen, welcher nicht in grösserer Nähe solcher Abgrenzungen sich befindet, wird der eigenartige Charakter und demnach die allgemeine atmosphärische Zirkulation durch diese Begrenzung nicht gestört. Nähern sich jedoch die westliche und östliche Abgrenzung eines Zonenteiles einander, so dass die von West nach Ost gerichtete Ausdehnung desselben die in der Richtung von Süd nach Nord statthabende nicht mehr sehr erheblich überwiegt, so tritt an Stelle der zonalen atmosphärischen Zirkulation eine wesentlich abweichende Luftbewegung bis in höhere Schichten hinauf. Diese Teilung der Zonen in von West nach Ost enger begrenzte Gebiete ist besonders bei der Depressionszone der westlichen Luftströmung von Bedeutung. In den aus derselben ausgeschiedenen Depressionsgebieten zeigt sich alsdann eine allgemeine Luftbewegung, welche cyklonalen Charakter annimmt. Jedoch ist in den meisten Fällen nicht zu erkennen, dass diese cyklonale Luftbewegung auf alle Teile des Kreisumfanges sich erstreckt, sondern es scheint dieselbe vielfach sich nicht auf den nördlichen Quadranten auszudehnen.

Zur Beurteilung der Luftbewegung in den höheren Schichten der Atmosphäre kann das Fortschreiten der barometrischen Minima dienen. Der Verfasser steht nämlich uneingeschränkt auf dem Standpunkte, dass die atmosphärischen Wirbel von dem allgemeinen Luftstrome, in dem sie sich befinden, fortgetragen werden, und zieht daraus die letzten Konsequenzen. Dabei ist es selbstverständlich, dass nicht der Luftstrom an der Erdoberfläche der massgebende ist, welcher bekannterweise nicht mit dem Luftstrome in grösserer Höhe zusammenfällt, sondern eben jener allgemeine Luftstrom höherer

Schichten der Atmosphäre, und zwar ist der Verfasser der Ansicht, dass dieser atmosphärische Wirbel als solcher in höheren Luftschichten ebenso in geschlossener Form besteht wie am Boden. Die Cirrusbeobachtungen sowohl wie die Berechnungen der oberen Isobaren aus den unteren und der Temperaturverteilung bestätigen dies. Wenn auch der Verfasser die numerischen Ergebnisse dieser letzteren Berechnungen bei dem Einzelphänomen wegen der willkürlichen Annahme der Temperaturabnahme und der Gleichmässigkeit derselben in allen Teilen der Erscheinung verwirft, so hält derselbe die resultierende Gestaltung der oberen Isobaren dem Sinne nach doch für richtig, da innerhalb weiter Grenzen dieser Sinn als ziemlich unabhängig von dem Gesetze der Temperaturabnahme mit der Höhe sich erweist. Die nur als eine Einbuchtung sich darstellende Gestaltung der oberen Isobaren und die dadurch daselbst bedingte Luftbewegung über dem Gebiete eines barometrischen Minimums erhält man ohne weiteres, wenn man zu den Gradienten geradliniger Isobaren und der dazu gehörigen Luftbewegung die Gradienten und Luftströme einer Cyklone algebraisch addiert. Oder umgekehrt der Abzug der allgemeinen Luftströmung und der ihr entsprechenden Gradienten, deren Richtung parallel oder nur wenig konvergierend anzunehmen ist, von der oberen Luftbewegung und Druckverteilung ergiebt auch daselbst eine geschlossene Cyklone.“

Verfasser hält es für eine unbestreitbare Notwendigkeit, dass eine derartige Cyklone an der allgemeinen Bewegung der Luftschichten, welche sie enthalten, teilnimmt. Die Gleichmässigkeit der Bewegungen, welche auf langer Strecke viele barometrische Minima zeigen, gleichgültig, ob sie über kalte Kontinente oder warme Meere ziehen, stütze die Ansicht, dass die allgemeine Luftströmung die einzige Ursache für das Fortschreiten dieser Erscheinungen ist. Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse werden zwar von Einfluss auf Ausdehnung und Intensität der Cyklonen, insbesondere an der Erdoberfläche sein; auf die Bewegung der Minima könnten dieselben jedoch nur indirekt insofern einwirken, als sie die Druckverteilung und die allgemeine Luftströmung in den die Cyklone enthaltenden grösseren Höhen verändern.

Die diesen Anschauungen entgegengesetzte physikalische Theorie der Ortsveränderungen atmosphärischer Wirbel, derzufolge gerade die örtlichen Wärme- und Feuchtigkeitsverhältnisse der Luft die Fortpflanzung der Cyklone bedingen, ist bereits von Sprung in seinem Lehrbuche der Meteorologie, als mit den Thatsachen in Widerspruch stehend, bezeichnet worden.

Die Bahnen der barometrischen Minima nach den synoptischen Karten des Nordatlantischen Ozeans u. s. w. sind in den Karten dargestellt, welche der von der Seewarte herausgegebenen „Vierteljahrs-Wetterrundschau“ beigegeben sind. Da jedoch mit dem Beginne des 5. Bandes dieser Rundschau bei dem Entwurfe der Karten gegen früher etwas abweichende Anschauungen zu grunde gelegt sind, so

kann man die Thatsachen, welche Verfasser anführt, erst aus den Karten des 5. Bandes entnehmen.

„Früher," sagt er, „wurden augenscheinlich vielfach besonders bei intensiveren Erscheinungen die Minima aufeinanderfolgender Tage dann miteinander durch eine die Bahn bezeichnende Linie verbunden, wenn die Minima etwa gleiche Bedeutung und Intensität zeigten. Es ist jedoch gefunden worden, dass der gleichmässige Verlauf des einzelnen Minimums in bezug auf Richtung und Geschwindigkeit der Bewegung für eine demselben eigentümliche und weniger veränderliche Eigenschaft anzusehen ist, als die Tiefe desselben. Diese letztere Thatsache hat sich insbesondere bei den Minimis herausgestellt, welche Europa durchziehen, und ist dieselbe auch nunmehr auf die Minima des Ozeans übertragen worden.

Da die Minima in einzelnen Zeiträumen dann eine grössere Tiefe gewinnen, wenn sie über bestimmte Gebiete der Erdoberfläche hinziehen, so hat das früher beim Entwurfe der Bahnenkarten der Rundschau angenommene Prinzip zu eng und vielfach verschlungenen oder auch geknickten Bahnen geführt, welche die eigentliche Gesetzmässigkeit der Bewegung nicht erkennen lassen.

Aus jenen Karten ersieht man nunmehr, dass die Bewegung der Minima in der Depressionszone der westlichen Luftströmung eine nach Osten gerichtete ist und bei einer Abweichung dieser Zone von einer dem Äquator parallelen Lage eine entsprechend abweichende Richtung annimmt. Die Minima der Depressionszone der Passatwinde wandern langsam westwärts. Die Minima an der Ostgrenze eines Teiles der Depressionszone der westlichen Luftströmung nehmen nach Norden gerichtete Bewegungen an. Die Minima an der Westseite engbegrenzter Teile der gleichen Zone erhalten südliche Komponenten der Bewegungsrichtungen.

Diese thatsächliche Bewegung der Minima steht somit in Übereinstimmung mit der für die einzelnen Depressionsgebiete angenommenen allgemeinen Luftströmung des unteren Teiles der Atmosphäre, unter selbstverständlichem Ausschlusse der dem Erdboden am nächsten liegenden Luftschichten, und zwar in durchaus gleicher Weise im Winter wie im Sommer. Die dargelegten Ansichten von der allgemeinen Zirkulation der Atmosphäre und von der Ursache der Fortbewegung der barometrischen Minima, deren Begründungen voneinander unabhängig sind, entsprechen miteinander verbunden demnach den Vorgängen, wie sie in den synoptischen Wetterkarten sich darstellen."

„Ausser den Minimis," fährt der Verfasser fort, „welche augenscheinlich lediglich der allgemeinen Luftströmung folgen, zeigen sich in den synoptischen Wetterkarten mehr oder weniger ausgebildete cyklonale Erscheinungen, die gleichzeitig eine bogenförmige Bewegung um ein anderes Minimum beschreiben. Es nehmen dieselben zu diesem letzteren die gleiche Stellung ein, wie die sonst unabhängigen Minima zu den Depressionen der allgemeinen atmosphärischen Zirku-

lation. Sie werden also von der besonderen Luftströmung der das Hauptminimum umgebenden Cyklone fortgetragen.

Es sind demnach in dieser Hinsicht drei verschiedene Arten von Depressionen zu unterscheiden, welchen sich noch eine vierte anschliesst:

1. „Die Depressionen 1. Ordnung, welche der allgemeinen Luftzirkulation entsprechen und sich demnach in grosse Höhen erstrecken. Hierher gehören die Depressionszonen der Passatwinde und der westlichen Luftströmung, sowie die abgegrenzten Teile derselben.

2. Die Depressionen 2. Ordnung, unter welchen die cyklonischen Erscheinungen zu verstehen sind, deren Fortbewegung lediglich von der allgemeinen Luftströmung der Depression 1. Ordnung bedingt ist. Diese Phänomene schwächen sich nach den grösseren Höhen hin ab und verschwinden daselbst schliesslich ganz.

3. Die Depressionen 3. Ordnung, welche innerhalb des eine Depression 2. Ordnung forttragenden Luftstromes noch an der cyklonalen Bewegung derselben teilnehmen.

Die diese Erscheinungen an der Erdoberfläche umgebenden Isobaren nähern sich meist schon einer Gestalt, wie sie für die oberen Isobaren am Erdboden ziemlich gleichmässig ausgebildeter Cyklonen gilt, und stellen sich dieselben daher schon an der Erdoberfläche als zusammengesetzt dar aus einer cyklonalen Luftbewegung und einer dieses Wirbelsystem forttragenden Luftströmung. Von den Depressionen 3. Ordnung wird man anzunehmen haben, dass sie nur bis in noch geringere Höhen hinaufreichen.

Die Depressionen 3. Ordnung enthalten also Erscheinungen, welche bisher als Teilminima bezeichnet wurden. Indes nicht alle die Phänomene, welche unter diesen Begriff fallen, gehören dieser Klasse zu. Nicht die ungleichseitige Ausbildung, sondern die Abhängigkeit der Bewegung von einer anderen Cyklone 2. Ordnung ist hier das entscheidende Merkmal. Es kommt nicht selten vor, dass auf der Erdoberfläche die ungleichseitige Ausbildung einer cyklonalen Erscheinung mit geringeren Gradienten nach der Seite einer 2. Zyklone sich zeigt und doch die Bewegung dieser Erscheinung nur der allgemeinen Luftströmung folgt. Diese Erscheinungen sind dann als Depressionen 2. Ordnung zu betrachten. Es wird dies insbesondere dann der Fall sein, wenn die Ungleichseitigkeit des Phänomens nur durch Temperaturverhältnisse an der Erdoberfläche hervorgerufen wird, während dieselbe in einiger Entfernung vom Erdboden sich verliert, und dort die beiden Cyklonen in gleicher Regelmässigkeit nebeneinander bestehen.

4. Als Depressionen 4. Ordnung werden diejenigen Gebiete niedrigeren Luftdruckes zu gelten haben, welche nur eine unmittelbare Folge von im Vergleiche zur Umgebung hohen Temperaturen an der Erdoberfläche sind.

Diese Depressionen, als von ihrer Unterlage abhängig, zeigen keine oder nur geringe Fortbewegung und verlieren sich jedenfalls

schon in sehr geringer Höhe über der Erdoberfläche. Hierher gehören z. B. die in der heissen Jahreszeit während des Tages über der Pyrenäischen Halbinsel sich bildenden Depressionen, die in der folgenden Nacht wieder verschwinden.

Eine scheinbare Schwierigkeit besteht bei der Einordnung in diese Klassifikation mit der Depression, welche zuweilen über dem Mittelmeergebiete und dem westlichen Teile des kontinentalen Europas bei nördlicher Lage des Hochdruckgebietes der Kalmen sich zeigt. Es enthält diese Depression in der Regel eine Anzahl sehr ungleichseitig ausgebildeter cyklonaler Erscheinungen, die am Rande dieses Depressionsgebietes Bahnen beschreiben, welche der allgemeinen atmosphärischen Zirkulation dieses Gebietes entsprechen. Man wird also zunächst bei der Abwesenheit eines anderen hervorragenderen Minimums versucht sein, diese cyklonalen Erscheinungen als Depressionen 2. Ordnung zu betrachten. Die in solchen Fällen bestehende Temperaturverteilung zeigt aber, dass in einiger Höhe über dem Erdboden bereits ein intensiveres Minimum besteht, welchem jene Minima sich unterordnen. Koeppen hat dies an einem Beispiele für den 20. bis 24. Januar 1886 gezeigt.[1]) Folgt dann dieses obere Minimum, wie es den Anschein hat, der ja sehr langsamen allgemeinen Bewegung der Luft in der Zone der Passatwinde nach Westen, so ist die dasselbe begleitende Cyklone als Depression 2. Ordnung, die am Erdboden sich zeigenden cyklonalen Erscheinungen als Depressionen 3. Ordnung zu betrachten. Das in Rede stehende Gebiet niedrigen Luftdruckes stellt sich selbst nur als ein Teil der Depressionszone der Passatwinde dar.

Auch die Hochdruckgebiete zerfallen in mehrere Klassen:

1. Die Hochdruckgebiete 1. Ordnung, welche bis in grosse Höhen hinaufreichen und die Gebiete verschiedener allgemeiner Zirkulation trennen. Zu diesen gehören also das Hochdruckgebiet der Kalmen, das polare Hochdruckgebiet und die Hochdruckgebiete, welche Teile der Depressionszone der westlichen Luftströmung nach Westen und Osten abgrenzen.

2. Die Hochdruckgebiete 2. Ordnung, welche als eine Art Stauerscheinung zwischen 2 Depressionen 2. Ordnung sich bilden.

Dieselben nehmen naturgemäss an der Bewegung der Depressionen teil. Es zeigen sich diese Erscheinungen besonders häufig über Nordamerika.

3. Die Hochdruckgebiete 3. Ordnung, die nur durch niedrige Temperaturen an der Erdoberfläche erzeugt werden und ihre Lage demnach wenig verändern.

Sie bieten, indem sie nur den unteren Luftschichten angehören, kein Bewegungshindernis für die Depressionen 2. Ordnung und bewirken nur eine Abnahme an Tiefe des barometrischen Minimums am Erdboden, während es durch sie hindurchschreitet.

---

[1]) Meteorol. Zeitschrift 1886. p. 505.

Obwohl die Zone des polaren Hochdruckgebietes jedenfalls sich nicht in so grosse Höhen erstreckt, wie das Hochdruckgebiet der Kalmen, so ist sie ebenfalls zu den Hochdruckgebieten 1. Ordnung zu rechnen. Denn diese Zone ist in gleicher Weise das Resultat thermischer und auch dynamischer Wirkungen, wie das Hochdruckgebiet der Kalmen.“

Mit den vorstehenden Betrachtungen glaubt der Verfasser eine Art und Weise angedeutet zu haben, auf welche eine gewisse klärende Scheidung der in den synoptischen Karten dargestellten, zunächst so verworren erscheinenden Vorgänge unter Zugrundelegung der allgemeinen atmosphärischen Zirkulation erreicht werden kann.

Zu diesen Ausführungen macht Woeikof einige Bemerkungen[1]. Zunächst tritt er der Auffassung der Monsune Asiens durch Herrmann entgegen. „Wohl kann,“ bemerkt Woeikof, „der winterliche Hochdruck Asiens als eine Verlagerung desjenigen an der Polargrenze der Passate angenommen werden, jedoch die aus demselben wehenden Winde erreichen nur den Osten, nicht den Süden des Erdteiles, d. h. von ihnen kommt der NW-Monsun der gemässigten Zone Ostasiens. Der Wintermonsun Indiens hat nichts mit ihm zu thun und ist eine Luftzirkulation zwischen dem nördlichen Inneren Indiens und den südlich angrenzenden Meeren. Wohl ist nördlich von Indien, in Ostturkestan, der Luftdruck höher, jedoch Winde von dort erreichen Indien nicht, und zwar weil die dazwischenliegenden Bergketten so hoch sind, dass sie den Luftaustausch bis über 5000 *m* benehmen. Höher herrscht auf den Passhöhen auch im Winter S. Dies ist schon 1874 von Blanford bewiesen, und alle späteren Beobachtungen und Forschungen haben dies bestätigt Der NO-Monsun reicht keineswegs hoch nach Norden herauf, sondern viel weniger hoch als der NO-Passat des Atlantischen Ozeans. Weiter nördlich (Assam ausgenommen) ist der Wind im Winter W und NW.“

Ebensowenig findet Woeikof den folgenden Satz zutreffend, dass „in dem SW-Monsune die Winde der nunmehr bis zum Äquator hinabreichenden Depressionszone der westlichen Luftströmung zu erkennen sind“. Die Depressionen in höheren mittleren Breiten und diejenige im Sommer in Asien seien ganz verschiedene Erscheinungen. Dies könne folgender Art gezeigt werden: Der niedrigste Luftdruck herrscht nicht auf den Plateaus von Zentralasien, sondern im NW Indiens und in Beludschistan. Von da westwärts reicht eine gut ausgesprochene Zone niedrigen Druckes durch Arabien bis zum westlichen Teile der Sahara, ja sogar weiter reicht der niedrige Luftdruck unter etwa 10° nördl. Br. bis in den Atlantischen Ozean. Von diesem nach Osten gehend, sehen wir eine immer weitere Verschiebung der Depression in der Nähe des Äquators nach Norden. Es sei auch zu bemerken, dass in Indien nur in den Tiefen und einem kleinen Raume im Westen bis zum unteren Indus der sommerliche Monsun von SW kommt, die indischen Meteorologen nennen ihn „The Arabian Sea branch of the monsoon“, in dem Reste des Landes ist die Strömung von OSO (die „Bengal bay branch“ des Monsuns). Im aussertropischen Ostasien ist der Sommermonsun SO

16. Nebel und Wolken.

Die Schätzung der Bewölkung ist, wie jeder meteorologische Beobachter weiss, sehr schwierig und der persönlichen Willkür dabei

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1893. p. 109.

der grösste Spielraum gegeben. Dr. Kassner bespricht nun eine neue Methode der Bewölkungsschätzung[1]. Dieselbe wird in folgender Weise geübt: Man denke sich zwei grösste Halbkreise durch den Ost- und Westpunkt und den Nord- und Südpunkt gelegt, die sich im Scheitelpunkte des Himmelsgewölbes schneiden; es entstehen so 4 Viertelkreise, die Nord-, Ost-, Süd- und Westquadrant heissen sollen. An jedem dieser Quadranten wird nun durch Schätzung bestimmt, wieviel Zehntel von ihm durch Wolken bedeckt sind, und dann aus der Summe der vier erhaltenen Zahlen mittels der Division durch vier derjenige Wert erhalten, der statt der bisherigen Bewölkungsangabe zu nehmen ist. Es kann nun eingewendet werden, dass man bei dieser neuen Methode Zahlen nicht mehr für die ganze Himmelsbedeckung, sondern für beliebig herausgegriffene Strecken am Firmamente erhält. Aber mit viel grösserem Rechte kann dieser Nachteil dem entgegengesetzten Verfahren — der Aufzeichnung der Sonnenscheindauer durch die Heliographen oder Sonnenschreiber — zum Vorwurfe gemacht werden, wo man sich nicht nur auf eine Linie am Himmel beschränkt, die überdies nicht einmal durch das Zenith geht, sondern wo auch deren einzelne Punkte nach dem jeweiligen Sonnenorte in voneinander verschiedenen Zeitpunkten zur Beobachtung kommen.

Ausser dem schon genannten Vorzuge der neuen Methode, dass bei ihr Linien statt Flächen geschätzt werden, ist noch ein anderer Vorteil zu nennen, dass nämlich die Aussicht von der Beobachtungsstation eine vollkommen ungehinderte nicht zu sein braucht, da es genügt, zwei einander nahezu senkrecht schneidende grösste Halbkreise überschauen zu können. Steht z. B. im Osten vielleicht ein Haus im Wege, so kann man ein- für allemal etwa einen NO-, SO-, SW- und NW-Quadranten der Schätzung zu grunde legen. Von wesentlichem Einflusse aber auf das Resultat auch der neuen Methode ist ein Umstand, der die grösste Beachtung verdient: das scheinbar plattgedrückte, nicht halbkugelförmige Himmelsgewölbe. Bekanntlich erscheint uns infolge einer eigentümlichen Urteilstäuschung der Zenith näher als irgend ein Punkt des Horizontes, weil uns für die Höhe der Massstab fehlt, den wir bei dem Horizonte in dem zwischen ihm und uns gelegenen Gelände durch Berg und Thal und Dorf und Feld haben. Die nächste Folge dieser Täuschung ist die, dass uns nun das ganze Himmelsgewölbe am Rande weiter von uns entfernt scheinen muss als an seinen höchsten Punkten, oder dass uns mit anderen Worten das Himmelsgewölbe flach und nicht halbkugelförmig vorkommt. Diese Erscheinung hat nun grosse Bedeutung für die Wolkenschätzung, da naturgemäss an einem so gestalteten Himmel eine Wolke je nach ihrem Orte verschieden geschätzt werden kann.

Dr. Kassner zeigt, dass die vorgeschlagene Methode sehr gute

[1] Das Wetter 1893. p. 217 u. ff.

Ergebnisse liefert, jedenfalls ist sie unbedingt zuverlässiger als die bisherige.

Irisierende Wolken. Prof. H. Mohn berichtet über Wolken von eigentümlichen Farben, die mehrmals in Christiania beobachtet wurden [1]). Sie werden nach ihren am meisten ins Auge fallenden Kennzeichen als Perlmutterwolken oder irisierende Wolken bezeichnet, indem sie sich mit prachtvollen Spektralfarben sowohl in ihrer Mitte als an ihren Rändern zeigen. Prof. Mohn giebt folgende Statistik der Häufigkeit dieser Wolken:

1871	3	Tage	1877	0	Tage	1883	0	Tage	1889	4	Tage
1872	0	„	1878	0	„	1884	3	„	1890	4	„
1873	0	„	1879	0	„	1885	5	„	1891	2	„
1874	1	„	1880	0	„	1886	5	„	1892	5	„
1875	1	„	1881	1	Tag	1887	5	„			
1876	0	„	1882	3	Tage	1888	0	„			

Vor 1871 finden sich keine Beobachtungen von irisierenden Wolken in Christiania. Es ist nicht möglich, zu entscheiden, ob diese Erscheinung früher gesehen worden ist, ohne notiert zu werden, oder ob sie seit dem genannten Jahre neu ist.

Man sieht, dass die irisierenden Wolken einige Jahre fehlen, ja in Reihen von Jahren, wie im ganzen Lustrum 1876—1880. Durchschnittlich fallen 42 Tage auf die 22 Jahre 1871—1892 oder fast 2 Tage per Jahr.

Die vor 1883 gesehenen irisierenden Wolken schliessen einen Zusammenhang mit dem Ausbruche des Krakatau aus. Aber bemerkenswert bleibt es, dass ihre Häufigkeit seit 1885, dem Jahre, in welchem „die leuchtenden Nachtwolken“ zuerst in Berlin gesehen wurden, durchschnittlich offenbar zugenommen hat.

Zahl der Tage mit irisierenden Wolken in den Monaten

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Summe
1871–92	16	6	3	0	1	1	2	0	0	0	2	11	42
%	88.1	14.3	7.1	0	2.4	2.4	4.8	0	0	0	4.8	26.2	100

Die Häufigkeit ist ganz überwiegend in den Wintermonaten und am grössten im Januar, der fast eben so viele Fälle hat als Dezember und Februar zusammen. Aber im Sommer kommen auch einige Fälle vor. Im April, August, September und Oktober sind die irisierenden Wolken nicht gesehen worden. Die Erscheinung ist also, obwohl nicht ausschliesslich, so doch am häufigsten ein Winterphänomen.

Tageszeiten mit irisierenden Wolken.

Bei Sonnenaufgang	2^h p m.	bei Sonnenuntergang
19	18	23 mal

Die Erscheinung ist also etwas häufiger beobachtet worden beim Untergange der Sonne als bei Aufgang derselben und am frühen Nachmittage. Der Unterschied ist indessen so gering, 4—5 Fälle von 50 oder 8—10%, dass es scheint, dass die Erscheinung wesent-

---

[1]) Meteorol. Zeitschrift 1893. p. 81.

lich unabhängig von der Tageszeit ist. Dass sie nachts nicht gesehen wird, bezeichnet sie als ein zu unserer Atmosphäre gehöriges terrestrisches Phänomen, welches das Sonnenlicht als Existenzbedingung hat.

Folgendes sind die berechneten Höhen dieser Wolken:

Tag	Ort	Höhe	Beobachter
19. November 1885,	Christiania	23 *km*	Geelmuyden.
28. Dezember 1885,	Sunderland	37 „	Backhouse.
28. „ 1885,	„	113 „	Davison, Patterson.
15. Januar 1890,	Christiania ca.	130 „	Mohn.
19. Dezember 1892,	„	107 „	„
19. „ 1892,	„	124 „ bis 140.	„

„Diese Zahlen zeigen, dass die Wolken, welche unter gewissen Umständen irisieren, jedenfalls sehr hoch liegen, wenigstens doppelt so hoch wie die echten Cirruswolken (10 *km*), oft höher als die Luftlagen, welche das Licht von dem oberen Rande des Dämmerungsbogens reflektiert (ca. 60 *km*), oft höher als die „leuchtenden Nachtwolken“, welche im Sommer (besonders in Berlin, auch hier) beobachtet worden sind (82 *km*) und bisweilen fast eben so hoch wie die Nordlichter, welche als Bogen in Christiania gesehen werden, da diese nach Fearnley's Bestimmung ihre untere Grenze in einer Höhe von 20 geogr. Meilen oder 150 *km* haben. Nur an 2 Abenden, 11. Januar 1882 und 19. Dezember 1892, ist in Christiania schwaches Nordlicht, tief im Norden, an denselben Tagen notiert worden, an welchen irisierende Wolken gesehen worden sind. Der 4. Juli 1886 ist der einzige von solchen Tagen, an welchen ein Hof um die Sonne notiert worden ist.“

Bezüglich der optischen Seite der Erscheinung sagt Prof. Mohn:

„Es ist nicht ganz leicht, das Aussehen der irisierenden Wolken zu beschreiben. Die Beobachter bezeichnen sie oft als Cirrus oder Cirrostratus, ein einziges Mal als Cirrocumulus. Es wird auch von einer Ordnung in Streifen gesprochen, zum Teile konvergierend, zum Teile mehr oder minder horizontal. Nicht selten wird der Ausdruck „gewässert“ vom Aussehen gebraucht. Dies gilt sowohl den farbigen als den weissen Partien. Die Farben treten auf verschiedene Weise auf. Wolken, sonst weiss, cirrusähnlich „gewässert“, haben farbige Ränder, teils an allen Seiten rings umher, teils an einer oder an einigen Seiten. Solche farbige Säume können in längeren horizontalen Reihen liegen. Wenn die Erscheinung prachtvoll ist, sieht man ganze Wolken mit einer ziemlich einfarbigen Fläche und Spektralfarben an allen Rändern. Sie haben sehr oft rautenförmige, linsenförmige oder ovale Umrisse, den grösseren Durchmessern horizontal, und erinnern an ein Auge. Der Himmelsgrund zwischen solchen Wolken hat gewöhnlich oder sehr oft eine eigentümliche, fremde, gleichförmige Farbe, graubraun, blauweiss, „opalisierend“, grün, welche vom Horizonte ab sich gegen den Zenith allmählich verliert und in das gewöhnliche Himmelsblau übergeht, insofern sich dieses überhaupt rein vorfindet. Wenn prachtvolle farbige „Augen“ auf einem solchen gleichförmig gefärbten Himmelsgrunde dastehen, ist man ganz im Zweifel, ob man sagen soll, dass man die Wolke als eine Öffnung in diesem Grunde sehe, oder hinter demselben durch ein Loch im Grunde oder vor demselben. Einige Male sieht man in und in der Nähe von dem Vertikale der Sonne den einen horizontalen Rand einer

Wolke mit einem Glanze wie eine Nebensonne leuchten. Die Farben der Wolken sind bisweilen ziemlich konstant in längerer Zeit, oft aber sind sie rasch wechselnd, wie auch die Form und Grösse der Wolken. Mehrere Beobachtungen, sowohl aus Christiania als aus Schottland und England, gehen darauf hinaus, dass die Wolken ihre Farben verlieren, wenn der Winkelabstand von der Sonne grösser wird, und zuletzt weiss werden.

Wenn man die Farben der irisierenden Wolken betrachtet, ihre Farbentöne und deren Reihenfolge, kann man kaum darüber in Zweifel sein, dass sie Interferenzfarben sind. Wie wir gesehen haben, gruppiert das ganze Phänomen sich um die Sonne als seinen Mittelpunkt. Während aber andere Interferenzerscheinungen, wie die kleinen Ringe um Sonne und Mond, der Regenbogen mit seinen überzähligen Bogen, Bishop's Ring, die Form von Kreisen annehmen mit der Sonne als Mittelpunkt, wie auch die Phänomene thun, welche, wie die grossen Höfe und Ringsysteme um Sonne und Mond, durch die Brechung und Spiegelung des Lichtes entstehen, so zeigen die irisierenden Wolken eine bunte, geometrisch gesetzlose Zusammenstellung von Farben, im grossen zwar von der gegenseitigen Stellung zur Sonne abhängig, aber ohne irgend welche handgreifliche Verbindung zwischen Ort und Qualität der Farbe und Winkelabstand von der Sonne

Wie mehrere Beobachter bemerken, erinnert die Erscheinung an Newton's Ringe oder an die Farben dünner Blättchen, und in der That ähneln die Farben denjenigen in Perlmutter, in Seifenblasen, in Ölschichten auf Wasser, an gefrorenen Fensterscheiben mit einer dünnen Eisbelegung u. s. w. Beruhen die Farben auf der Reflexion des Sonnenlichtes von beiden Grenzflächen von dünnen Scheiben, so müssen diese, wenn das Licht das Auge des Beobachters treffen soll, ihre Normale in der Ebene durch die Sonne und das Auge haben, und die Normale muss den Winkel zwischen dem direkten Sonnenstrahle und der Linie zwischen dem Wolkenpunkte und dem Auge halbieren. Diejenigen Platten, welche diese Stellung haben, bringen Licht nach dem Auge, und die Farbe ist abhängig von der Dicke der Platte, ihrem Brechungsexponenten und dem Einfallswinkel des Lichtes. Vorausgesetzt, dass die Wolken immer und überall aus demselben Stoffe bestehen, wird die Farbe im selben Einfallswinkel von der Dicke der Platte abhängig sein, und unter Annahme verschiedener Dicke konnte man also die Unterschiede der Farben in demselben Einfallswinkel oder Winkelabstande von der Sonne erklären. Der Einfallswinkel ist gleich dem Komplement zu dem halben Ablenkungswinkel. Da die Intensität des direkt reflektierten Strahles grösser ist als die des zweimal gebrochenen und einmal reflektierten, mit dem er interferiert, könnte die Erscheinung, welche ich mit einer Nebensonne verglichen habe, durch Platten erklärt werden, welche fast horizontal liegen in der Nähe der Geraden zur Sonne. Die schiefe Inzidenz giebt dem direkten Strahle eine grosse Intensität.

Es ist auffallend, dass die Farben sich verlieren, und das Licht weisser wird bei grösseren Ablenkungswinkeln, kleineren Einfallswinkeln, dass sie fehlen für Ablenkungswinkel zwischen 40° und 144°, resp. Einfallswinkel 70° und 18°, während sie sich bei kleineren Einfallswinkeln wieder zeigen. Weitere Beobachtungen sind hier nötig, um dies zu konstatieren oder zu korrigieren. Dass die Farben bei dem Ablenkungswinkel 180° oder Einfallswinkel 0° nicht gesehen werden, mag darin seinen Grund haben, dass der scheinbare Gegensonnenpunkt in der Regel entweder unter dem Horizonte oder in dem Erdschatten liegt Eine Verbindung zwischen der Stellung der Platten in 45° und darum gegen die Gesichtslinie und dem Fehlen der Irisierung habe ich nicht auffinden können.

Diese Lücke ist, insofern sie sich bestätigt, günstiger für die Erklärungsweise, welche James C Mc. Connell giebt, und welche darauf hinausgeht, dass die Farben durch fast zylindrische, prismatische Säulen hervorgebracht werden, welche ihre Axe senkrecht auf der Ebene Sonne-Säule-Auge haben und wie Gitter wirken. Sind die Farben Gitterbeugungs-

spektra, so werden sie sich bei grösseren Ablenkungswinkeln verlieren und zu weiss übergehen. Zwar wird das Licht schwächer, je grösser die Abbeugung ist, aber in dem Nachtdunkel leuchtet es dem Auge wie Sternenlicht. Irisierung auf der Gegensonnenseite des Himmels könnte durch Gitterbeugung durch Reflexion erklärt werden, Nebensonnen durch direkte Spiegelung von Prismenflächen und möglicherweise die Farbe des Himmelsgrundes auf ähnliche Weise wie Bishop's Ring.

So ganz einfach scheint mir die Erklärung nicht zu sein. Prof. Torup hat die irisierenden Wolken durch ein Nicol-Prisma beobachtet und gefunden, dass die Farben sich beim Drehen des Prismas änderten. Ihr Licht ist also polarisiert, die Polarisationsebene wurde aber nicht bestimmt.

Es sind weitere Beobachtungen notwendig, um unsere Erkenntnis weiter zu führen Diese Beobachtungen müssen hauptsächlich darauf zielen, die Lage der Wolken im Raume, ihre Bewegung und die Beschaffenheit des Lichtes herauszufinden.

Die Bestimmung der Lage im Raume kann dadurch geschehen, dass man Höhe. Azimut und Verschwindungsmoment der Wolken beobachtet. Hierzu und zu der Bestimmung der Bewegung hat man gute Instrumente in dem Nordlichttheodoliten oder dem Photogrammeter. Die Orientierung nach den Sternen mag auch gute Dienste leisten. Bei der Bestimmung der Lage und der Bewegung durch Parallaxe muss man darauf achten, denselben Punkt der Wolke von den verschiedenen Standpunkten zu visieren Hierzu taugen die Farben nicht, denn wenn diese Interferenzfarben sind, ist das Farbenbild nicht reell, sondern jedes Auge sieht sein eigenes Bild.

Das Licht muss auf seine Polarisation untersucht werden, und ebenso spektroskopisch analysiert, wodurch man in den Stand gesetzt werden kann, die Ordnung der Spektralfarben zu bestimmen, was weiter zur besseren Erkenntnis der Konstitution und der Natur des Wolkenstoffes führen mag.

Die meteorologischen Umstände beim Erscheinen der irisierenden Wolken müssen natürlich so scharf und umständlich als möglich ins Auge gefasst werden."

Höhen und Geschwindigkeiten der Wolken, beobachtet am Blue Hill Observatorium bei Boston [1]. Dieselben sind von H. Clayton und S. P. Fergusson in den Jahren 1886—1891 bestimmt worden. Prof. Hildebrandsson giebt von dieser wichtigen Arbeit eine eingehende Analyse [2], von der folgendes ein das Wichtigste umfassender Auszug ist.

Es wurden 4 Methoden der Messung angewendet: 1. Die unteren Flächen der niedrigsten Wolken liegen bisweilen unterhalb des Gipfels von Blue Hill (126 *m* über der umgebenden Ebene). In diesen Fällen wird die Höhe direkt beim Heruntersteigen des Berges beobachtet.

2. Die Beleuchtung der unteren Flächen der Wolkenschichten durch das Licht entfernter Städte. Die Methode wurde zuerst von La Cour in Kopenhagen angewendet.

3. Vom Gipfel des Blue Hill werden die Schatten der Wolken auf dem flachen Lande umher beobachtet; die beobachteten wirklichen Geschwindigkeiten zwischen zwei bekannten Orten und die Winkelgeschwindigkeit geben die Höhen.

---

[1]) Ann. of the Astron. Obs. of Harvard College **30.** 3. Teil.
[2]) Meteorol. Zeitschrift 1893. p. [43].

4. Sämtliche Beobachtungen mit Mohn'schen Theodolithen auf dieselbe Weise wie in Schweden ausgeführt. Länge der Basis 1178.4 *m*. Die letzte Methode hat sich als die zuverlässigste erwiesen. Beobachtungen an dem Monde zeigten, dass die gleichzeitige Einstellung auf denselben Punkt mit einer Genauigkeit von mindestens 0.1^0 geschah. Wie in Upsala fand man, dass die grösste Schwierigkeit darin besteht, dass erstens Punkte von hinlänglicher Schärfe selten vorkommen, und zweitens die Formen sich so schnell ändern, dass es schwierig war, denselben Punkt länger als 3—4 Minuten zu verfolgen.

Die Wolken, besonders die höheren Formen, gehen in Blue Hill im Sommer höher als in Schweden. Eine Zusammenstellung der Maximalhöhen zeigt, dass die grössten gemessenen Höhen in Blue Hill 14930 *m*, in Upsala 13376 *m*, in Storlien 10419 *m* und in Kew (England) 13664 *m* sind. Die obere Grenze der Cirrusregion scheint also in der gegenwärtigen Zone zwischen 13000 *m* und 15000 *m* zu liegen.

Eine Untersuchung über die tägliche Variation in der Höhe der unteren Fläche der Cumuli gab folgendes Resultat:

$8-11^h$ a. m.	11^h-2^h a. m.	$2-5^h$ p. m.
1439 *m*	1777 *m*	1513 *m*.

Die Höhe ist also wie in Storlien am grössten um die Mittagszeit. Eine ähnliche Zusammenstellung für andere Formen wäre sehr interessant gewesen, denn die Resultate sind, wie oben gesagt, in dieser Hinsicht in Upsala wie in Storlien verschieden.

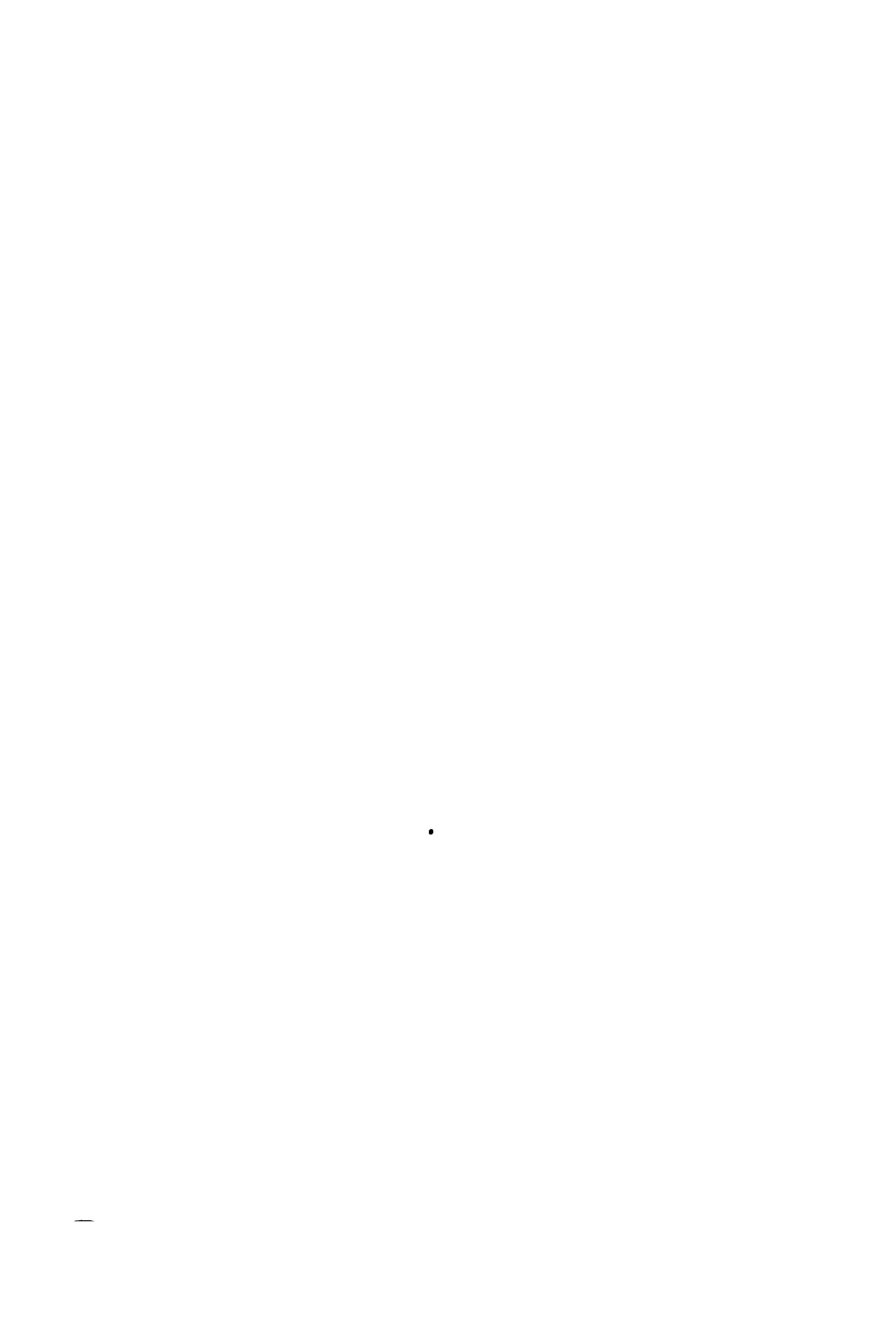
Die Höhe der Cumuli ist im Frühlinge ebenso gross wie im Sommer, und die Verfasser erklären diese Thatsache dadurch, dass die relative Feuchtigkeit der Luft im Frühlinge am geringsten, die Lufttemperatur aber im Sommer am grössten ist.

Die Geschwindigkeit der Wolken ist im Winter viel grösser als im Sommer. Stellt man die Wolken nach ihrer Höhe zusammen, so erhält man:

Höhe (*m*)	Geschwindigkeit (*m* per Sek.) Sommer	Winter
200— 1000	7.5	8.8
1000— 3000	8.2	14.7
3000— 5000	10.6	21.6
5000— 7000	19.1	49.3
7000— 9000	23.5	54.0
9000—11000	31.1	—
11000—13000	35.2	—

Für eine Zunahme von 1 *m* in der Höhe wächst die Geschwindigkeit folglich im Sommer um 0.0027 und im Winter um 0.0065 *m* pro Sekunde.

Ein interessantes Resultat ist, dass in derselben Höhe geballte Formen, wie Cirro-Cumuli, Alto-Cumuli, schneller gehen als die schleierartigen, wie Cirro-Strati, Alto-Strati. Dies gilt zu allen Jahreszeiten. Die höchste beobachtete Geschwindigkeit ist 103 *m* pro Sekunde. Es scheint, als wäre die Geschwindigkeit der Wolken



in Amerika grösser als in Europa, was ohne Zweifel mit der schnelleren Bewegung der barometrischen Depression in Amerika zusammenhängt.

Die Bewegungsrichtung der Wolken nach dreijährigen Beobachtungen ist zuletzt zusammengestellt in Prozenten für jeden Monat und für die den 5 Etagen Vettins entsprechenden Höhen: Cirrus-, Cirro-Cumulus-, Alto-Cumulus-, Cumulus- und Stratus-Höhe. Für die typischen Monate Januar und Juli sind die Resultate hier zusammengestellt.

	Cirrus (9000 *m*)	Cir.-Cm. (7000 *m*)	Alto-Cm. (4000 *m*)	Cirrus (1600 *m*)	Stratus (500 *m*)
		Januar.			
N	0	1	0	5	5
NW	21	8	5	29	45
W	66	68	50	27	10
SW	13	23	45	18	15
S	0	0	0	7	15
SO	0	0	0	2	0
O	0	0	0	9	5
NO.	0	0	0	3	5
		Juli.			
N	13	20	13	9	11
NW	33	24	20	22	7
W	34	47	43	41	7
SW	17	8	21	20	33
S	1	1	1	2	19
SO	0	0	0	1	6
O	1	0	0	2	2
NO	1	0	2	3	15

Bemerkenswert ist die fast ausschliessliche Bewegung aus West, besonders in den höheren Schichten oberhalb 4000 *m*. Etwa 90% fallen dort zwischen NW und SW.

Zur Vergleichung haben Verf. entsprechende Werte für Upsala für die Zeit vom 1. Juli 1880 bis 31. März 1893 berechnet. (Stratus ist nicht berechnet.)

	Cir. u. Cir.-Stratus	Cir.-Cm.	Alto-Cm. u. Alto-Str.	Nb., Str.-Cm., Cm.
		Winterhalbjahr Oktober—März.		
N	18	17	15	13
NW	32	31	27	10
W	22	26	25	18
SW	12	17	15	22
S	6	2	8	13
SO	3	0	2	8
O	2	2	3	7
NO	5	5	5	9
		Sommerhalbjahr April—September.		
N	11	10	12	11
NW	20	20	18	12
W	25	26	26	20
SW	20	21	19	22
S	12	12	11	11
SO	4	5	4	7
O	5	5	5	7
NO	3	4	5	10

Die grosse Übereinstimmung in den Bewegungen der drei obersten Schichten springt sofort in die Augen. Ein merklicher Unterschied zwischen Upsala und Blue Hill besteht darin, dass die oberen Wolken in Upsala im Winter sich mehr aus Nord bewegen als im Sommer, während das entgegengesetzte in Blue Hill der Fall ist. Die Verf. suchen es dadurch zu erklären, dass die oberen Winde eine Tendenz haben sollen, um die Gebiete niedriger Temperatur zu zirkulieren, in derselben Weise, wie die Winde um ein Gebiet mit niedrigem Luftdrucke. Folglich müssten sie im Winter auf der Westküste eines kalten Kontinentes mehr nördlich, auf der Ostküste dagegen mehr südlich wehen.

Photographische Wolkenaufnahmen hat wiederholt W. Prinz von der Brüsseler Sternwarte ausgeführt. Am schwierigsten erwiesen sich die cirrusartigen Wolken. Eine sehr schöne Aufnahme von Prinz, nach welcher das Gewölke später hell auf blauem Himmelsgrunde ausgeführt wurde, ist auf Tafel V in Chromolithographie reproduziert.

17. Niederschläge.

Tägliche und stündliche absolute Maxima der Regenmenge[1]. Mascart teilt mit, dass am 1. Oktober 1892 zu Marseille ein Gewitterregen 150 *mm* Niederschlag in 2 Stunden und 210 *mm* in 4 Stunden lieferte.

Renou bemerkte, dass im Jahre 1868 zu Perpignan ein Regenguss in 2 Stunden 390 *mm* Wasser lieferte. Zu Vendome gab ein Gewitterregen im Oktober 1866 eine Regenmenge von 56 *mm* in 40 Minuten.

Knipping's Bericht über die Sündflut auf der Kii-Halbinsel in Japan am 19. August 1889 enthält allerdings noch viel horrendere Regenmengen, und zwar bis zu 90 *cm* in 24 Stunden.

Grosser Regenfall in Queensland. Omar Jonas berichtet, dass nach seinen Aufzeichnungen an einer Station in der D'Aguilar Range (Seehöhe 430 *m*) folgende Regenmengen gemessen wurden

31. Januar	1893	274	*mm*	6. Februar	1893	38	*mm*
1. Februar	1893	509	„	7. „	1893	15	„
2. „	1893	907	„	8. „	1893	7	„
3. „	1893	273	„	9. „	1893	18	„
4. „	1893	41	„	10. „	1893	223	„
5. „	1893	7	„	11. „	1893	41	„

Untersuchungen über die Bildung des Taues hat R. Russell angestellt[2]. Dieselben bestätigen im allgemeinen die Ergebnisse, zu denen Wollny gelangte[3]. Die Thatsachen, welche beweisen, dass ein grosser Teil des gebildeten Taues aus dem Dampfe von der

---

[1] Meteorol. Zeitschrift 1893. 4. Heft. p. 140.
[2] Ref. in der Naturwiss. Rundschau 1393. Nr. 19. p. 235.
[3] Klein, Jahrbuch 8. p. 294.

Erde stammt, sind: 1. Eine grosse Menge Tau wurde ganz regelmässig nach klaren Nächten im Inneren abgeschlossener Gefässe über Gras und Sand gefunden. 2. Sehr wenig oder gar kein Tau wurde im Inneren von Gefässen gefunden, die über Platten auf dem Boden umgekehrt waren. 3. Mehr Tau wurde gefunden an der unteren Seite einer quadratischen, ein wenig hervorragenden Porzellanplatte über Gras oder Sand, als an der unteren Seite einer ähnlichen Platte, die auf der ersteren lag. 4. Die unteren Seiten von Steinen, Schiefern und Papier auf Gras oder Sand waren viel mehr betaut als die oberen Seiten. Die flache, hölzerne Rückwand des Minimumthermometers, das an klaren Abenden auf Erde, Sand oder Gras lag, war regelmässig früher nass als die obere Seite. 5. Die unteren Seiten von Glasplatten, 1 oder 2 Zoll über Gras, waren ebenso sehr oder mehr betaut als die oberen Seiten. 6. Blätter an Büschen, auf dem Boden liegende Blätter und Grashalme waren ziemlich gleich betaut an beiden Seiten. 7. Das Innere von auf Gras umgestülpten, geschlossenen Gefässen, die mit zwei anderen umgestülpten Gefässen einer schlecht leitenden Substanz bedeckt waren, war dick betaut, und das Gras in den drei ringförmigen Einschlüssen war gleichfalls dick betaut. 8. Die Tauablagerung auf dem Inneren geschlossener Gefässe, die auf trockener Gartenerde umgestülpt waren, war viel geringer als über Sand oder Rasen, obwohl die pulverförmige Beschaffenheit der Erde am Morgen zeigte, dass keine Ablagerung aus der Luft an ihrer Oberfläche während der Nacht stattgefunden. 9. Gewöhnlich wurde eine grössere Menge Tau im Inneren von Gefässen abgelagert, wenn die Erde in geringer Tiefe unter der Oberfläche feucht war, als wenn die Erde sehr trocken gewesen. 10. Die Temperatur des Raumes unter einer Glasplatte oder einem anderen Objekte, das nahe der Bodenoberfläche aufgehängt war, war höher als die der oberen Fläche des Objektes, und trotzdem war eine feuchte Schicht zuerst an der unteren gebildet.

Die Wirkung des Grases auf die Taubildung rührt her 1. von seinem Strahlungsvermögen, das seine Oberfläche unter den Taupunkt abkühlt; 2. von der Abkühlung der Luftschicht in und über dem Grase auf eine viel niedrigere Temperatur als die der Luft einige Fuss höher; 3. von der Behinderung jedes leichten Luftzuges und jedes Windes in einer nahezu ruhigen Nacht durch das Gras und von dem ruhigen Niedersinken einer kalten, schweren Schicht; 4. von der Behinderung des Austrocknens durch Sonne und Wind, das auf nacktem Boden stattfindet, und von der Feuchtigkeit der Erde, welche daher unter Gras nahe der Oberfläche existiert, selbst bei trockenem Wetter; 5. von der Dampfexhalation aus dem Grase,

Steine von sandiger Zusammensetzung oder von feinem Gefüge, wie Feuerstein, Kiesel und Schiefer, sind in klaren Nächten nicht oft sichtbar betaut oder bereift an ihrer obersten Seite; an ihren Oberflächen, welche den Boden berühren oder ihm nahe sind, werden sie hingegen stark betaut und bereift. Ein mässiges Strahlungs-

vermögen, ihre gewöhnliche Lage fern von Gras und Pflanzenwuchs und bei den feinkörnigen Steinen ein besseres Leitungsvermögen, hindern die Ablagerung von viel atmosphärischer Feuchtigkeit an ihren exponierten Seiten. Wenn aber mit Dampf stark geschwängerte Luft auf sie in einem abgeschlossenen Raume trifft, wie z. B. an ihren unteren Seiten, so tritt Kondensation leicht ein, gerade so, wie sie stattfinden würde, wenn irgend eine Substanz, sogar poliertes Metall, über die Mündung eines Kessels mit siedendem Wasser gehalten wird. Es ist klar, dass, da die Steine als Kondensatoren für den beständig aus dem Boden aufsteigenden Dampf wirken, und da die Sonnenwärme und die Lufttemperatur am Tage nur wenig die Temperatur der Erde unmittelbar unter einem grossen Steine erhöhen, während die Wärmestrahlung des Steines und die niedere Lufttemperatur in der Nacht die untere Seite des Steines eher kalt machen, eine sehr grosse Menge Feuchtigkeit an seiner unteren Fläche in je 24 Stunden abgelagert werden muss, und der Boden, auf dem er ruht, muss in unserem Klima stets sehr feucht bleiben.

Windstille ist der Taubildung sehr günstig. Sie gestattet den Dampfteilchen in der Luft, hinreichend lange mit den kalten, strahlenden Substanzen in Berührung zu bleiben, um stark abgekühlt und somit auf ihnen kondensiert zu werden; ferner verhütet sie die Zerstreuung der dem Boden nahen Luftschicht, welche dauernd abgekühlt wird durch Kontakt und Strahlung. So bildet sich der Tau immer weiter, während die Luft unter ihren ursprünglichen Taupunkt tiefer und tiefer sinkt, und während durch eine sehr schwache Bewegung ein Austausch unterhalten wird zwischen der wärmeren Luft, welche den Boden unter dem Grase berührt, und zwischen verschieden abgekühlten Schichten und Teilen der Luft über demselben.

Freie Strahlung oder exponierte Lage ist vielleicht die wirkungsvollste Ursache des Taues in sehr vielen Nächten des Jahres. In einer ebenen Gegend bedecken sich diejenigen Teile eines Feldes, welche am wenigsten durch Bäume und Hecken geschützt sind, mehr mit Tau und Reif in windstillen Nächten. Ähnlich werden diejenigen Teile eines flachen Körpers, wie eine Glasscheibe oder ein Blatt Papier, welche die am meisten ununterbrochene Exposition gegen den Himmel haben, betaut. Die Spitzen der Gebüsche, Pfeiler, Stakete, umgekehrten Trinkgläser, Pflanzen u. s. w. sind in ruhigen Nächten, zuweilen auch in solchen mit schwacher Brise, stärker betaut als die Seiten. Grössere Kälte infolge stärkerer Strahlung erzeugt in diesen Fällen stärkere Ablagerung aus der abgekühlten Luft, welche mit den freistrahlenden Oberflächen in Berührung kommt. Es muss jedoch beachtet werden, dass die Strahlung an feinen Spitzen, z. B. an den Spitzen scharfer Dornen, nicht ausreicht, um in Luft, die nicht sehr feucht ist, entgegenzuwirken der Wirkung des beständigen Anprallens von Luft, die über dem Taupunkte und von höherer Temperatur ist. Nahe am Boden verhält

es sich anders, denn hier ist die Temperatur der unteren Luftschicht tiefer und liegt gewöhnlich um den Taupunkt, dort herrscht geringe Bewegung, und der Dampf vom Boden steigert noch die Feuchtigkeit, aber selbst in dieser Lage sind die Spitzen der Gräser u. s. w. oft weniger betaut als die Seiten.

Dass freie Strahlung keineswegs notwendig ist für die Bildung starken Taues auf Gras, wird bewiesen durch die Experimente während des Sommers 1892. Das Gras wurde bei trockenem Wetter stark betaut gefunden innerhalb dreier Einschlüsse mit irdenem Geschirre, durch welche die Strahlung aufgehalten war.

Da mit hohlen Gefässen bedecktes Gras und das Innere hohler Gefässe selbst dick mit Tau bedeckt wird, müsste es natürlich scheinen, dass Gras unter überhängenden Bäumen ebenso stark betaut werde, wie das auf einem Felde frei exponierte Gras, und dass die unteren Seiten der überhängenden Blätter gleichfalls feucht werden; dies ist jedoch nicht der Fall. Es giebt nun Unterschiede in den beiden Situationen, die ausreichend das Fehlen des Taues unter beblätterten Bäumen erklären. In erster Reihe ist in windstiller Nacht die Luft unter einem Baume wärmer als im Freien, da die Strahlung vom Boden unterbrochen ist. Zweitens kann der Dampf, wenn solcher von der Erde aufsteigt, sich nicht auf dem Grase, das sie bedeckt, kondensieren, weil das Gras nur wenig kälter ist als die Luft und der Dampf. Drittens, und hierin liegt der Hauptunterschied, bewegt sich die Luft unter dem Baume frei, und ihre Temperatur liegt über dem Taupunkte, während die Erde und andere Objekte, die sie berührt, wärmer sind als das Gras und die Luft draussen . . . Das Fehlen von Tau unter Bäumen und Gebüschen ist innerhalb bestimmter Grenzen annähernd proportional der bedeckten Grundfläche. Eine grosse Oberfläche trockenen Bodens, der allmählich seine Wärme abgiebt während der Nacht, hat eine mächtige Wirkung, die Kondensation zu verhüten. Kleine Gebüsche hingegen sind in einer feuchten, klaren Nacht oft stark betaut, selbst an ihren unteren Blättern.

Beziehungen der Regenwahrscheinlichkeit zu den Querschnittsänderungen des Luftstromes im Indischen Ozeane werden im Segelhandbuche der Deutschen Seewarte für den Indischen Ozean in folgender Weise entwickelt[1]): „Im allgemeinen sind die bestimmenden Ursachen der Regenverhältnisse in den Windverhältnissen mehr oder weniger klar erkennbar, besonders auf den Festländern, welche den Indischen Ozean umgeben, allein viele Einzelheiten bleiben vorläufig noch ohne Erklärung. Die Hauptzüge, die sich stets wiederholen, sind der Regenreichtum der Seewinde, besonders wenn sie gegen ein Gebirge treffen, und die Regenarmut der Landwinde und der von einem Gebirge herwehenden Winde; ferner der grössere Regenreichtum der Gebiete mit niedrigem Luft-

[1]) Meteorol. Zeitschr 1893. p. 393.

drucke verglichen mit jenen hohen Druckes. Dass die Seewinde reicher an Regen sind, liegt teilweise — aber nur teilweise — daran, dass ihre Luft dampfreicher und namentlich relativ feuchter ist; die grössere Begünstigung der Luvabhänge und der Niederdruckgebiete im Vergleiche mit den Leeabhängen und Hochdruckgebieten liegt aber daran, dass auf jenen aufsteigende, auf diesen niedersteigende Luftbewegungen (oder ein Stagnieren der Luft) vorwalten; erstere erzeugen Wolken und Regen, letztere lösen sie auf.

Auf offenem Meere fällt natürlich der Einfluss der Gebirge als Erzeuger von vertikalen Luftbewegungen fort. Umsomehr muss eine andere Ursache dafür Bedeutung gewinnen, welche bisher noch nicht in diesem Zusammenhange hervorgehoben worden ist. Die Luftströmungen haben in den meisten Fällen auf lange Strecken hin eine gleichmässige Breite und keinen Raum, sich auszudehnen, ausser nach oben. Verfolgen wir nun z. B. ein Bündel paralleler Stromfäden im August etwa auf dem Wege Rodrigues - Seychellen - Bombay, so sehen wir sie südlich von 20° südl. Br. an Geschwindigkeit gewinnen, von 10° bis gegen 2° südl. Br. verlieren, weiterhin wieder bis etwa zu einer von Sokotra nach 65° östl. L. 5° nördl. Br. verlaufenden Kurve gewinnen und von da bis zu den West-Ghats abermals an Geschwindigkeit verlieren. Da nun doch durch jeden Querschnitt der ganzen Stromader stets dieselbe Menge Luft fliesst — denn die Druckverteilung und also Massenverteilung der Atmosphäre bleibt von Tag zu Tag ungefähr die gleiche und ändert sich nur langsam mit der jährlichen Periode —, so muss der Querschnitt der Ader sich umgekehrt proportional der Stromgeschwindigkeit ändern — abwechselnd zusammenziehen und ausdehnen. Da aber die horizontale Breite der Ader ungefähr dieselbe bleibt, so muss die Höhe derselben wechseln. (Man vergleiche das Diagramm auf S. 142 des „Segelhandbuches der Seewarte für den Indischen Ozean".)

Auf dem Wege nach NW nimmt also die Höhe des Luftstromes südlich von 20° südl. Br. ab, zwischen 10° und 2° erheblich zu, auf dem weiteren Wege nach NO von dem Äquator bis 10° nördl. Br. wieder erheblich ab, von da ab bis zur Küste aber zu. Wo die Höhe zunimmt, müssen viele Luftmassen im Steigen und dementsprechend in Abkühlung durch Ausdehnung befindlich sein, wo sie abnimmt, da überwiegt das Sinken und die Erwärmung durch Zusammendrückung. Dementsprechend sind die ersteren Gebiete regenreicher als die letzteren. Dort, wo, wie wir im äquatorialen Kalmengürtel auf der Karte von Januar bis März sehen, Luftströme von verschiedenen Seiten mit verzögerter Bewegung zusammenfliessen, da muss die Aufwärtsbewegung und dementsprechend der Regen besonders stark sein, dort, wo, wie an der Polargrenze des Südostpassats, die Luftströme nach verschiedenen Seiten aus einem Gebiete hohen Luftdruckes auseinanderfliessen, muss das Absteigen und damit heiteres, trockenes Wetter die Regel bilden. In den Monaten Januar bis März bilden die Gegenden mit beschleunigter und ver-

zögerter Bewegung ziemlich regelmässige Zonen parallel dem Äquator über den Ozean, so zwar, dass zwischen 40° und 20° südl. Br. beschleunigte, zwischen 20° südl. Br. und 10° nördl. Br. verzögerte und nördlich von 10° wieder beschleunigte Bewegung überwiegt. Der Gegensatz in den Regenverhältnissen ist besonders nördlich und südlich von 10° nördl. Br. ein sehr in die Augen fallender. Im Sommer haben wir dagegen sowohl auf dem Arabischen als auf dem Bengalischen Meere eine Trennung zwischen beschleunigter Bewegung und Trockenheit im SW und verzögerter Bewegung und Regenreichtum im NO. Viel weniger trifft dies Verhältnis zu östlich von 100° östl. L, zwischen den Sundainseln und bei Australien, und überhaupt darf man es wohl nur als eine der den Regenfall beeinflussenden Bedingungen, aber sicherlich nicht als die dominierende ansehen, besonders nicht auf dem Lande und in dessen Nähe."

Der trockene Frühling 1893. Die Periode trockenen Wetters, welche mit dem letzten Drittel des März begann und bis fast zur Mitte des Mai andauerte, ist wegen ihrer zeitlichen wie räumlichen Ausdehnung höchst merkwürdig. Am schärfsten trat die Trockenheit auf im mittleren und nördlichen Frankreich, in Belgien und den Niederlanden, in England und Dänemark und in ganz Deutschland, sowie in Österreich und dem grössten Teile von Ungarn. Diese ausserordentliche Trockenheit war begleitet von hohem Luftdrucke, hohen Temperaturen und nördlichen bis östlichen Winden. Nach 40-jährigen Beobachtungen zu Köln hat hier durchschnittlich jeder Monat 11 Tage mit mehr als 0.2 *mm* Niederschlag, die wenigsten Regentage, nämlich durchschnittlich 9, hat der September, die meisten (durchschnittlich 12) der Dezember; März und April bleiben etwas unter dem Durchschnitte, sie haben zusammen im Mittel 21 Tage mit messbarem Niederschlage. Rechnet man nun jene Frühlingsmonate zu den trockenen, in welchen weniger als die Hälfte der normalen Zahl von Regentagen vermerkt wurden, so waren trocken: April 1852, März 1854 und 1856, April 1858, März und April 1864, April 1865, April 1869, März und Mai 1871, April 1874 und 1875, Mai 1880, April 1883. Nach einer so langen und intensiven Trockenheit wie diejenige des vorjährigen Frühlings sucht man vergebens. Dies gilt auch für das benachbarte Belgien. Vom 20. März bis zum 12. April ist in Brüssel kein Tropfen Regen gefallen, und vom 13. April bis zum 1. Mai fiel dort nur 0.5 *mm* Niederschlag. Untersucht man die jährliche Verteilung des Regens auf die einzelnen Monate, so findet man, dass die Monate April und Mai im nordwestlichen Europa unter allen Monaten am häufigsten durch lang dauernde Trockenheit bezeichnet sind. Gleichzeitig mit dieser Trockenheit sind nördliche bis östliche Winde vorherrschend, und diese treten auf mit hohem Barometerstande. So war es auch im Jahre 1893. Der hohe Luftdruck breitete sich von den britischen Inseln ostwärts hin aus zwischen 50° und 60° nördl. Breite und 10° westl. bis 20° östl. Länge von Greenwich, und er

bedingte die merkwürdige Trockenperiode des Frühjahres 1893. Woher kam aber diese Zone hohen Luftdruckes oder, um die meteorologische Bezeichnung zu gebrauchen, diese Anticyklone? Manche haben an die polaren Gegenden gedacht, an die Wanderung von Eismassen aus dem hohen Norden, an Veränderungen im Laufe des Golfstromes und dergl., allein diese Hypothesen sind gewiss irrig. Die mächtige Anticyklone, welche das nordwestliche Europa fast von Mitte März bis Mitte Mai überdeckte, kam aus den wärmeren Gegenden des Atlantischen Ozeans. Dort breitet sich im Winter zwischen 25° und 35° nördl. Br. von der afrikanischen Küste bis etwa 50° westl. L. von Greenwich ein Gebiet hohen Luftdruckes (von über 768 *mm* Barometerhöhe) aus, dessen Mitte im Januar ungefähr die Insel Madeira einnimmt. Diese Anticyklone wandert bis zum März langsam gegen Norden über die Azorischen Inseln hinaus. Bisweilen aber dehnt diese Fläche hohen Luftdruckes ihre Bewegung mehr nach Norden hin aus und erreicht selbst Irland und das westliche Europa. Das war 1875 und 1880 der Fall und in ausgedehnter Weise auch im Jahre 1893. Um den 18. März flutete der hohe Luftdruck gegen Westeuropa heran und dehnte sich über das Herz unseres Erdteiles aus, nahm aber am Ende des Monates wieder ab. Mit dem Beginne des April erfolgte ein neuer Vorstoss von Westen her, und der hohe Luftdruck blieb bis zum 16. vorzugsweise über der Nordsee, dann schwenkte er südwärts ab, aber am 27. erschien eine neue Luftwelle von Westen her. Während unter diesen Luftdruckverhältnissen das Wetter in Mitteleuropa trocken und heiter blieb, herrschte niedriger Luftdruck mit zahlreichen kleinen Depressionen über dem Teile der Erde, den sonst der erwähnte hohe Luftdruck im Winter und Frühlinge bedeckt. Das südwestliche Europa und Nordwestafrika hatten anhaltende Regenfälle, und ebenso zogen Depressionen über die Kanarischen Inseln und die Azoren hinweg. So ist es also die anomale Luftdruckverteilung, die aussergewöhnliche Verschiebung des barometrischen Maximums bei den Azorischen Inseln, welche uns die vorjährige Trockenheit des Frühlings gebracht hat. Im allgemeinen sind die Ursachen der wechselvollen Witterungsverhältnisse unseres Erdteiles nicht im Norden zu suchen; nicht in der nördlichen kalten, sondern in der heissen Zone befinden sich in Gestalt von Sonnenwärme die ungeheueren Kräfte, welche die atmosphärische Zirkulation bedingen und unterhalten. Dort liegen auch gewiss die Ursachen, welche die ungewöhnliche Verlegung des barometrischen Maximums der Azoren im verflossenen Jahre veranlassten, wenn wir dieselben zur Zeit im einzelnen auch noch nicht nachweisen können.

18. Winde und Stürme.

Die Ermittelung der Luftströmungen in der Höhe mit Hilfe von kleinen Freiballons hat Kremser zum Gegenstande ein-

gehender Studien gemacht[1]). Er bemerkt, dass solche Ballons unmittelbar, und je kleiner und leichter um so schneller, die Bewegung der umgebenden Luft annehmen, sie machen uns also die Strömungen in derjenigen Luftschicht gewissermassen sichtbar, in welcher sie sich gerade befinden. „Sowohl die Winde an der Erdoberfläche, wie in den darüber lagernden Schichten der Atmosphäre bis hinauf zu den grössten Höhen können wir also durch sie genau kennen lernen.

Grosse unbemannte Ballons erweisen sich zu einem methodischen Studium der vorliegenden Frage als nicht sehr geeignet, denn ihrer häufigeren Verwendung ist die Kostspieligkeit ein wesentliches Hindernis, und ferner gestattet die übliche Fixierung ihrer Flugbahn, da sie gewöhnlich nur langsam in die Höhe gehen und nicht die unmittelbar über einem Orte liegenden Schichten durchschneiden, sondern eine grössere horizontale Strecke während mehrstündiger Fahrtdauer durchfliegen, keinen direkten Schluss auf die Luftströmungen in den verschiedenen Höhen über einem bestimmten Punkte in einem gegebenen Momente, bezw. innerhalb kurzer Zeit.

Dagegen kann man kleine unbemannte Papierballons, die bei einem Kubikmeter Inhalt etwa 3 ℳ kosten, mit grossem Auftriebe so schnell steigen lassen, dass sie in einem kleinen Bruchteile einer Stunde mehrere Kilometer in vertikalem Sinne zurücklegen und somit einen beträchtlichen Teil der Atmosphäre über einem Orte innerhalb kurzer Zeit der Beobachtung bezüglich der verschiedenen Strömungen zugänglich machen.

Schon seit langem sind daher solche Ballons als sogenannte Piloten von Luftschiffern in Gebrauch genommen worden, um, vor grossen Ballons aufgelassen, deren voraussichtliche Flugbahn, wenn auch nur der Richtung nach, vorher anzugeben. Auch in mehr systematischer Weise sind sie bereits zur Demonstration der vorwaltenden Luftbewegung über einem grösseren Gebiete zur Verwendung gekommen. Von Amiens aus wurden nämlich im Jahre 1890 etwa 100 Piloten in die Höhe gelassen, welche Postkarten trugen, auf welchen der Finder des Ballons gebeten wird, Ort und womöglich auch Zeit der Niederkunft desselben an den Absender zu melden. Man erlangte so einen Überblick über die bis zu einer gewissen Höhe vorherrschenden Windrichtungen und illustrierte so z. B. das Regime der Südwestwinde über Frankreich.

Es wurden hierbei aber nur 2 Punkte der Bahn ausgenutzt, die Abfahrts- und die Landungsstelle. Es sind jedoch Mittel vorhanden, um zahlreiche Punkte der Flugbahn nach Ort und Zeit festzulegen und somit genauere Details über Richtung und Geschwindigkeit in den verschiedenen Schichten zu erhalten. Allerdings kann man dabei instrumenteller Hilfsmittel nicht entraten. Naheliegend ist das Verfolgen des Ballons mit Theodolithen von 2 Punkten der

[1]) Zeitschrift für Luftschiffahrt 1893. p. 57.

Erdoberfläche. Diese Methode ist mehrfach, freilich nur bei grossen Ballons, angewandt und z. B. von Schreiber [1]) näher beschrieben worden.

Eine andere Methode, welche wohl auch schon hier und da gelegentlich benutzt wurde, ist die mikrometrische, bei welcher Beobachtungen von einem Punkte genügend sind. Man bestimmt hierbei in möglichst kurzen Zeitintervallen neben Höhe und Azimut des Ballons auch dessen scheinbare Grösse mittels des Mikrometers und hat so, da der lineare Durchmesser des Ballons bekannt ist, alle zur Feststellung der Bewegung nötigen Daten. Von der Brauchbarkeit derselben hatte sich Dr. Kremser bereits im Jahre 1888 bei Versuchen mit v. Sigsfeld, dem die Luftschiffahrt so manche Anregungen und Erfolge verdankt, wenigstens oberflächlich überzeugt. Seitdem war es seine Absicht, der Angelegenheit näher zu treten und durch mikrometrische Beobachtung möglichst zahlreicher aufgelassener Piloten Beiträge zur Kenntnis der atmosphärischen Strömungen zu liefern. Jedoch erst im vergangenen Jahre war es ihm möglich geworden, mit der Durchführung des Planes den Anfang zu machen und zunächst nochmals an praktischen Beispielen die Brauchbarkeit der Methode und die Möglichkeit der Realisierung der Idee zu ersehen.

Dr. Kremser giebt a. a. O. die einfachen mathematischen Formeln, um aus dem gemessenen scheinbaren Durchmesser des Ballons in Verbindung mit der bekannten Grösse desselben und seinem scheinbaren Orte am Himmel die wahre Höhe und den Punkt der Erdoberfläche, über dem der Ballon steht, zu ermitteln. Dann teilt er seine bisherigen Erfahrungen über die praktische Anwendbarkeit der Methode mit.

Von ihm wurden Piloten mit 1 *cbm* Inhalt, also mit einem Durchmesser von 1.24 *m* benutzt. Sie wogen mit Appendix, Bändern und etwas Ballast ca. 240 *g* und hatten also bei einer Leuchtgasfüllung vom spezifischen Gewichte 0.45 einen Auftrieb von 470 *g*. Dementsprechend könnten sie, wenn kein Gasverlust eintritt, 8 bis 9 *km* Höhe erreichen. Durchschnittlich bewegen sie sich mit einer Geschwindigkeit von 3 *m* in der Sekunde nach aufwärts, so dass sie in ca. 10 Minuten 2000 *m* Höhe erreichen. Bei Wasserstofffüllung beträgt die theoretische Maximalhöhe sogar 12 — 13 *km*, und würde die Aufwärtsbewegung natürlich noch viel schneller erfolgen als bei Leuchtgasballons.

Der benutzte Apparat, Eigentum v. Sigsfeld's, aus der Werkstatt von Reineke in Berlin, war ein gewöhnlicher Theodolit. Azimute und Höhen konnten auf Minuten abgelesen werden, ein Teil an der Trommel der Schraube des Fadenmikrometers entsprach

---

[1]) Paul Schreiber: Bestimmung der Bewegung eines Luftballons durch trigonometrische Messungen von 2 Standpunkten Meteorol. Zeitschr. 1886. **3.** p. 341 u. ff. und Zeitschr. f. Luftschiffahrt 1886. p. 236 u. ff.

ca. 4″. Während bei Azimut und Höhe Zehntelgrade schon als ausreichend gefunden wurden und völlig genau sich bestimmen liessen, betrug die Ungenauigkeit beim Mikrometer — schon wegen der Dicke der Fäden — offenbar mehr als 5″. Solange der Pilot sich nicht in allzugrosser Entfernung befindet, hat ein solcher Fehler nicht viel zu besagen; sobald er jedoch mehr als 5 *km* entfernt ist, führt er wesentliche Fehler im Resultate herbei. Bei Entfernungen von 10 *km* sind die Ergebnisse schon sehr unsicher. Da aber gerade bei grösseren Entfernungen wegen der verringerten Geschwindigkeit in der scheinbaren Bewegung die Einstellungen sehr ruhig und sicher gemacht werden können, erschien es angemessen, den Apparat insofern abzuändern, als neben der gewöhnlichen schwachen Vergrösserung, die sich für die Nahpunkte wegen der schnellen Änderungen am besten eignet, noch eine stärkere durch Vorsetzen eines anderen Okulars vorzusehen war, um eine erhöhte Genauigkeit der mikrometrischen Beobachtungen zu gewinnen. Gleichzeitig wurden noch andere Verbesserungen, die aufzuzählen hier zu weit führen würde, für wünschenswert erachtet. Erst mit dem verbesserten in Arbeit befindlichen Apparate sollen die systematischen Beobachtungen angestellt werden.“

„Mit dem ursprünglichen Instrumente,“ sagt Dr. Kremser, „sind nur wenige Pilotenbahnen verfolgt worden, und es lohnt noch nicht, die Ergebnisse zum Gegenstande einer eingehenden Diskussion zu machen. Auch wird durch grössere Übung und die Verbesserungen des Apparates die Genauigkeit noch erhöht werden müssen. Bei den bisherigen Versuchen wird wohl der wahrscheinliche Fehler der Einzelwerte nicht viel unter 5—10 % liegen.“ Lediglich um die Verwendbarkeit der ganzen Einrichtung darzuthun, teilt er dann die Resultate zweier Beobachtungsreihen mit.

1. Aus Beobachtungen eines Piloten am 13. November 1892 zu Friedrichshagen bei Berlin zwischen 11^h 21^m und 11^h 35^m vormittags wurden folgende zusammengehörige Werte für die Bewegungsverhältnisse berechnet:

Mittlere Höhe (*m*)	Mittlere horizontale Geschwindigkeit (*m* p. s.)	Richtung der Bewegung (Azimut)	Mittlere vertikale Geschwindigkeit (*m* p. s.)
33	—	98°.5 [1])	—
95	5.5	114	1.5
290	9.7	140	2.1
610	12.6	150	3.0
975	14.2	149	3.4
1295	14.6	151	3.8
1540	15.1	151	3.3
1725	17 5	146	3.0
1900	16.4	139	1.9

Der Pilot war gefunden worden bei Oranienburg in 43 *km* Entfernung um 12^h 30^m nachmittags; dies würde eine mittlere

[1]) Bedeutet die Richtung nach W 8° N, nach W 24° N u. s. w.

horizontale Geschwindigkeit von 10.4 *m* p. s. und eine resultierende Bewegungsrichtung = 135° ergeben, was mit den obigen Einzelwerten sehr gut in Einklang gebracht werden kann.

2. Am 6. November 1892 wurden an demselben Orte zwischen $11^h\ 8^m$ und $11^h\ 24^m$ vormittags folgende Geschwindigkeiten und Richtungen eines Piloten festgestellt:

Mittlere Höhe (*m*)	Mittlere horizontale Geschwindigkeit (*m* p. s.)	Richtung der Bewegung (Azimut)	Mittlere vertikale Geschwindigkeit (*m* p. s.)
125	8.1	120°	4.0
315	11.6	138	2.7
510	14.6	153	2.8
860	16.0	155	3.7
1300	8 7	158	2.5
1650	5.7	168	1.7
1900	11.2	155	3.4
2500	11.5	150	3.7

Der Ballon wurde bei Templin, leider erst nach 12 Tagen, im Walde aufgefunden; als Resultate der Bewegungsrichtung stellt sich das Azimut 162° heraus. Von einer Würdigung auffallender Einzelheiten, sowie von einer Besprechung der Beziehung zu den allgemeinen atmosphärischen Verhältnissen soll hier abgesehen werden.

Hinsichtlich der letzten Spalte, „mittlere vertikale Geschwindigkeit“, sind jedoch noch einige Worte hinzuzufügen. Gemeint ist damit die mittlere vertikale Geschwindigkeit des Ballons in den betreffenden Höhen. Diese setzt sich zusammen aus der Eigenbewegung des Ballons und der Bewegung der Luft in der Vertikalen. Die erstere ist abhängig vom Auftriebe, der durch die tote Last, die Gasart, sowie durch die Temperatur der Luft und des Gases im Ballon bedingt ist, und von dem Widerstande, welchen die Luft der vertikalen Bewegung des Ballons entgegensetzt. Kennt man diese Faktoren — und bis auf den Luftwiderstand sind sie leicht zu ermitteln —, so hat man also als Rest die vertikale Komponente der Luftbewegung — ein für die Meteorologie sehr wichtiges, aber noch selten und in grösseren Höhen überhaupt nicht genau bestimmtes Element. Auch insofern könnten also die Beobachtungen der Ballons für die Meteorologie nutzbar gemacht werden.

„Angesichts der Thatsache, die Luftströmungen in verschiedenen Höhen der Atmosphäre nach ihren Richtungen und Geschwindigkeiten durch die Beobachtung kleiner Ballons feststellen zu können, und im Hinblicke auf die Wichtigkeit dieser Ermittelungen dürfte es angebracht sein, diese Angelegenheit in erweitertem Umfange zu verfolgen.“

Untersuchung der Anemometeraufzeichnungen zu Wien 1873—1892. Die Registrierungen des Munro'schen Anemometers auf dem Turme des meteorologischen Zentralinstitutes der hohen Warte bei Wien sind von J. Hann untersucht worden[1]. Es ergiebt

[1]) Sitzber. der Wiener Akademie. Wien 1893. **102.** p. 119.

sich zunächst eine einfache tägliche Periode der Windgeschwindigkeit mit einem Minimum um 6^h morgens (d. h. zur Zeit des Sonnenaufganges) und einem Maximum von 1^h nachmittags, also noch vór dem Eintritte des täglichen Wärmemaximums. Ein zweites sekundäres Minimum ist angezeigt um $7^1/_2{}^h$ abends, dem ein zweites sekundäres Maximum um 10^h abends folgt. Das verschiedene Verhalten dieser Periode im Sommer und im Winter schien die Vermutung, als stände sie im Zusammenhange mit der täglichen Temperaturperiode, zu stützen. Eine sorgfältige Prüfung dieser Vermutung, zu welcher auch Beobachtungen anderer Stationen herangezogen wurden, bestätigten jedoch dieselbe nicht, und zwar konnte weder ein Zusammenhang mit der täglichen Periode der Temperatur der Luft, noch mit der der Temperatur der Erdoberfläche, noch mit dem täglichen Gange der Temperaturdifferenz beider nachgewiesen werden.

Hingegen zeigte sich ein sehr merklicher Unterschied der Periode, wenn die starken Winde von den schwachen gesondert behandelt wurden. Wenn man aus den 108 Monaten des Winterhalbjahres und aus den 108 Monaten des Sommerhalbjahres je 10 Monate mit den grössten und den kleinsten Windstärken für jedes Halbjahr aussuchte und gesondert behandelte, so zeigten die stürmischen Monate eine doppelte Periode mit einem Maximum vor 1^h p. m. und einem zweiten sekundären Maximum vor Mitternacht; das 1. Minimum fiel auf $3—5^h$ morgens, das 2. Minimum, das zum Hauptminimum geworden, auf 7^h abends. In stürmischen Monaten sind demnach die Abendstunden von $6—8^h$ die ruhigsten. In den ruhigsten Monaten war der tägliche Gang der Windstärke ein einfacher, er glich dem oben für die Gesamtbeobachtungen ermittelten. Ausser dem früheren Eintreten der Phasenzeiten in den stürmischen Monaten zeigten sich auch die Amplituden verringert.

Bezüglich der jährlichen Periode der Windgeschwindigkeit fand Prof. Hann das absolute Maximum im März, das Minimum im Oktober; ein zweites Maximum schien der November zu haben und ein sekundäres Minimum der Januar. Ein ähnlicher jährlicher Gang zeigte sich fast überall in Mitteleuropa. Die jährliche Periode der Sturmtage (an denen der Wind 70 *km* pro Stunde erreicht oder überschritten hat) folgte jedoch nicht der jährlichen Periode der mittleren Geschwindigkeit; vielmehr hat der Dezember die grösste Frequenz der Sturmtage und dann der Januar, die kleinste Zahl der Sturmtage haben April und August. In Wien kommen alle Stürme aus W und WNW.

Aus den Ermittelungen über die Windrichtung ist zu erwähnen, dass die mittlere Windrichtung von Wien etwa W zu N ist, dass sie im April am nördlichsten, im Oktober dagegen am meisten rein westlich ist, dass sie im Laufe des Jahres sich nur wenig von W entfernt, und dass aus der Berechnung der mittleren Windrichtung in den einzelnen Jahrgängen sich keine ersichtliche Änderung derselben in den 22 Jahren 1870—1892 ergeben hat.

Die Bahnen der Cyklone im südlichen Indischen Ozeane sind von Meldrum kartographisch niedergelegt und studiert worden[1]. Die Karten umfassen die Zeiträume von 1848 bis einschliesslich 1885, mit Ausnahme der Jahre 1849, 1850, 1853.

Köppen behandelt im Anschlusse an diese Arbeit die Lage der Bahnen jener Orkane[2]. „Bei Bearbeitung der Cyklone," sagt er, „hat Meldrum dieselben in progressive und stationäre eingeteilt. Unter den als „stationär" bezeichneten Cyklonen mögen jedoch wegen Mangels an Beobachtungen einige Stürme sein, welche in Wirklichkeit ihren Ort doch geändert haben. Es ist notwendig, auf diese Unsicherheit in der Klassifikation hinzuweisen. Die ausgesprochene Verschiedenheit des Zahlenverhältnisses zwischen den fortschreitenden und den stationären Stürmen in verschiedenen Monaten wird für den Seemann von praktischem Werte sein, wenn sie sicher festgestellt werden kann. Die Kenntnis davon, dass im Anfange und am Ende der Orkanzeit es ungefähr gleich wahrscheinlich ist, dass eine Cyklone fortschreitend oder stationär sei, und dass auf der Höhe der Orkanzeit es viel wahrscheinlicher sei, mit einer rasch sich fortpflanzenden Cyklone zu thun zu haben, kann den Entschluss eines Schiffsführers, der sich in der Nähe einer Cyklone befindet, wesentlich beeinflussen, doch reicht das Material keineswegs aus, um das Zahlenverhältnis, welches die folgende Tabelle zeigt, für ein definitiv gesichertes zu erklären."

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli
Fortschreitende	2	12	23	52	55	40	26	8	1	1
Stationäre	3	13	10	19	6	19	24	11	2	1
Im ganzen	5	25	33	71	61	59	50	19	3	2

Die meisten Cyklone entfallen auf die Jahre 1859, 1860, 1866, 1870, 1884, also ziemlich zusammen mit den Maximis der Sonnenflecken (1860, 1870, 1883—1884), worauf Meldrum schon vor 20 Jahren hingewiesen hatte.

„Bekanntlich," fährt Köppen fort, „ist die Bewegung der Mehrzahl der tropischen Orkanwirbel in Meeren zwischen 10° und 15° Breite nach West gerichtet, und biegt sie darauf mehr und mehr polwärts um (meist unter Verlangsamung), um jenseits der Wendekreise allmählich eine ostwärts gerichtete Richtung anzunehmen.

Über den Ort dieser Umbiegung ist in dem im März 1893 erschienenen Segelhandbuche der Seewarte für den Indischen Ozean eine kleine Untersuchung an der Hand dieses neuen Bahnenatlas angestellt, deren Ergebnis wir zunächst vorführen wollen. Eine ganz ähnliche Tabelle für die westindischen Orkane findet sich im Segelhandbuche der Seewarte für den Atlantischen Ozean.

Von den 220 im Atlas dargestellten Cyklonenbahnen lassen 89 den Ort der Umbiegung erkennen, während bei den übrigen nur der westliche oder der östliche Zweig der Parabel beobachtet wurde, der

[1] Cyclone Tracks in the South Indian Ocean.
[2] Meteorol. Zeitschrift 1893. p. 113.

andere aber entweder aus Mangel an Material unbekannt geblieben ist oder überhaupt nicht vorhanden war. Es ergiebt sich hieraus folgendes:

„In allen Monaten, wo überhaupt Orkane zu erwarten sind, kommt es vor, dass die Umwendung der Bahn schon zwischen 10° und 14° südl. Breite sich vollzieht. Dagegen schwankt die südliche Grenze dieser Wendungen im Laufe des Jahres zwischen 34° südl. Br. im Januar und 18° südl. Br. im Mai, wenn wir auch von dem einen Falle im Juli absehen. Die Änderung vollzieht sich ziemlich regelmässig: 33° südl. Br. im Februar, 27° südl. Br. im März, 20° südl. Br. im April. Infolge dessen zeigt auch die mittlere Breite, in welcher die Umbiegung stattfindet, eine ausgesprochene jährliche Periode, sowohl wenn man das Mittel aller nimmt, als wenn man die Bahnen, deren Scheitel östlich von 77° östl. L. fällt, ausschliesst:

Mittlere Lage des Scheitelpunktes.

		Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai
Alle Fälle	Anzahl	4	12	28	20	13	8	4
	mittl. Br.	17.0°	17.0°	22.2°	22.0°	20.8°	15.0°	14.0°
	mittl. L.	76 0°	67.3°	60.0°	63.9°	63.5°	74.5°	75.0°
westlich von 77° östl. L.	Anzahl	2	8	25	19	11	5	2
	mittl. Br.	18 5°	18.9°	22.5°	22 0°	21 8°	17.0°	16.0°
	mittl. L.	68.5°	59.5°	56.9°	61.4°	59.3°	64.6°	66 0°

Dass die mittlere Lage der Bahnscheitel südlicher ausfällt, wenn man nur die westlich von 77° beobachteten berücksichtigt, mag teilweise daran liegen, dass die Breiten 0—15° südl. Br. zwischen 50° und 70° Länge nur wenig befahren sind. Auch die auffallende Verschiebung des mittleren Scheitelpunktes nach Osten in dem Masse, als er sich dem Äquator nähert, dürfte nur darin ihren Grund haben, dass die auf der Heimreise begriffenen Schiffe unter 20° bis 30° südl. Br. viel weiter nach Westen stehen, als unter 10° bis 20° südl. Br., und dass ausserhalb der grossen Routen die Menge der Beobachtungen nicht gross genug ist, um eine Umbiegung der Bahn mit Sicherheit festzustellen."

Die Teifune der Chinesischen See sind seit mehreren Jahren Gegenstand spezieller Studien von Doberck in Hongkong. Derselbe hat neuerdings die Ergebnisse seiner Studien in einer Abhandlung zusammengestellt, deren wesentlicher Inhalt folgender ist[1]).

Es scheint, dass die Wirbelstürme der Chinesischen See ihren Ursprung in lang ausgedehnten, aber nur flachen Depressionen haben, die sich in seltenen Fällen bis über die Philippinen erstrecken, meist aber nur über der Chinesischen See liegen. Nördlich derselben weht der Wind mässig stark aus NO, von der Südseite schwächer als SW. Die Nordostbrise reicht im Sommer gewöhnlich nur bis an das nördliche Formosa, im Herbste dagegen steht der Nordostmonsun bedeutend weiter nach Norden hinauf, allmählich in den in

---

[1]) Hansa 1893. Nr. 32 u. 33.

höheren Breiten herrschenden NW-Monsun übergehend. Ausnahmsweise sind auch die an der Südseite wehenden südwestlichen Winde intensiver als die nördlich von der Depression herrschenden Nordostwinde und pflegen dann sich bis zum Äquator hinab zu erstrecken, gewissermassen eine Fortsetzung des Südostpassates bildend. Östlich dieser Depressionen, über den Philippinen, herrschen leichte südliche und südöstliche Winde. In Anam herrscht dann voraussichtlich Nordwind. Im Sommer beginnt die Depression gleichzeitig mit einem Steigen des Luftdruckes über dem inneren China, während im Herbste der höhere Druck in der Nähe des Äquators entsteht, und gleichzeitig die südwestlichen Winde sich weiter nach Norden hin über die Chinesische See verbreiten. In den Monaten Januar und Februar kommen solche Gebiete niedrigen Druckes nicht vor, und die Häufigkeit ihres Auftretens während der übrigen Zeit des Jahres beläuft sich auf circa 1 Depression per Monat. Während der Sommermonate und im Herbste bilden sie sich gewöhnlich zu einem Teifune aus oder zu einer kleinen kreisförmigen Depression. Die muldenförmige Depression verschwindet dann. Im Frühjahre dagegen arten sie selten in Teifune aus, sondern verflachen sich infolge des in sie eindringenden und sich nach Süden verbreitenden NO - Monsuns.

Die Längsaxe dieser Depressionen erstreckt sich in der Regel von Ost nach West oder von ONO nach WSW. Die mittlere Breite, in der sie liegen, ist in den Monaten Juni bis September 16° nördl., später im Jahre liegen sie etwas südlicher und im Monate November sind sie auf ca. 10° nördl. Br. Scheinbar bewegen sie sich gar nicht und verändern sich oft tagelang nicht, so dass man sie längere Zeit verfolgen kann. Der Barometerstand ist in der Axe der Depression dann in der Regel um $^1/_{10}$ Zoll niedriger als am Umkreise, wo leichte, gegen den Zeiger der Uhr drehende Winde herrschen. Im Gebiete solcher Depressionen ist das Wetter böig mit viel Regen, der Wind veränderlich, und oftmals treten schwere Böen mit wolkenbruchartigem Regen auf, während seltener Donner wahrzunehmen ist. Es scheint, als ob durch diese Böen der Südwind sich weiter nach Norden und der Nordwind weiter nach Süd hindurcharbeitet, und dass auf diese Weise ein Wirbelsturm entsteht. Trifft es sich nun, dass der Schauplatz, wo diese in entgegengesetzter Richtung vorwärts strebenden Winde sich treffen, in der Mitte der Chinasee liegt, so wird voraussichtlich ein Teifun entstehen. Öfter freilich ereignet es sich, dass ein kreisförmiger Sturm am Ost- oder Westende der lang ausgedehnten Depression entsteht, denn hier rotieren die Winde schon nahezu in Kreisform, ausgenommen recht Ost und West von der grössten Krümmung der Isobaren, so dass die Nord-, resp. Südwinde der Böen nur an einer Seite Boden zu gewinnen brauchen, indessen werden in solchen Fällen nur kreisförmige Depressionen von minderer Bedeutung oder unbedeutendere Teifune entstehen.

Der starke Regen ist selbstverständlich nicht die Ursache des

Phänomens, denn er ist nur eine Wirkung der in der Mitte der Depression aufsteigenden Luft, und ebenfalls wird durch die Kondensierung des Wasserdampfes Wärme frei, welche ein Steigen des Barometers vor Eintritt der Böe bewirkt, aber darüber kann doch kein Zweifel herrschen, dass, wenn eine solche Menge Wasserdampf verdichtet wird, dass sie etwa 10 Zoll Regen per Tag bildet, der barometrische Druck der Luft dadurch bedeutend vermindert werden muss, und dass dies die günstigste Einwirkung auf die Erhaltung der Depression ausüben muss. Anders aber verhält es sich mit dem Regenfalle im SW-Monsun. Hier ist er über ein grosses Gebiet gleichmässig verteilt und kann an einer einzelnen Stelle keine von hohem Drucke umgebene Depression erzeugen.

Schwierig ist es, festzustellen, ob eine in der Chinasee entstandene und als solche festgestellte Depression in einen Teifun ausarten wird oder nicht, können aber die im nachfolgenden beschriebenen Merkmale wahrgenommen werden, so darf man sicher auf einen solchen rechnen, denn die Merkmale einer weniger heftigen Depression sind nie so ausgeprägt, sondern mehr verwischt.

Das erste Zeichen eines Teifuns hat man in den von Ost aufsteigenden und nach Norden ziehenden Cirruswolken, in einem geringen Steigen des Barometers und klarem und trockenem, aber heissem Wetter mit Windstillen oder leichten Winden. Sieht man die Cirruswolken im Westen aufsteigen, so darf man sicher sein, dass kein Teifun eintreten wird. Das schöne Wetter dauert in der Regel einige Tage, und das Vorhandensein eines Orkans ist gerade die Ursache des rundum herrschenden schönen Wetters. Die Cirruswolken treten bis zu 1500 Meilen vom Zentrum auf und lassen erkennen, dass der im Mittelpunkte des Orkans aufsteigende Luftstrom Wasserdampf bis zu einer Höhe von 6 englischen Meilen mit sich reisst, der in dieser Höhe selbstverständlich friert. Ausserhalb eines Umkreises von 600 Meilen vom Sturmzentrum steigt das Barometer gewöhnlich, Sonne und Mond zeigen einen Hof, ein intensives Meerleuchten macht sich bemerkbar, und bei Sonnenaufgang und Sonnenuntergang sieht man die Atmosphäre in den wunderbarsten Farben glänzen, während im Dämmerlichte einzelne Lichtstrahlen noch in grellen Tönen aufleuchten. Dies sind Anzeichen, die vor dem Herannahen eines Teifuns in der Regel beobachtet werden.

Zunehmende Dünung macht sich in der See auf eine Entfernung von 300—600 Meilen vom Zentrum geltend, bisweilen auch auf grössere Entfernung, indessen ist diese Fernwirkung natürlich von der Lage des nächsten Landes abhängig, und besonders davon, ob zwischen dem Teifun und dem Beobachter etwa Land liegt. Die Dünung ist eine Folge der den Sturm begleitenden hohen See, welche die eigentliche Gefahr für Schiffe bildet, da diese der Gewalt des Windes allein in der Regel recht wohl widerstehen können, ohne erheblichen Schaden zu nehmen. Da die Geschwindigkeit, mit der

sich die Wellenbewegung fortpflanzt, viel bedeutender ist als die, mit der sich das Zentrum fortbewegt, so bietet die Dünung ein Hilfsmittel, um das Herannahen eines Teifuns zu erkennen, wenn man aus ihr auch keineswegs auf die Richtung, welche das Phänomen einschlägt, schliessen kann. Zu beachten ist auch, dass die Dünung unter Umständen uns anzeigt, wo der Teifun früher war, als die Wellen, von denen sie herrührt, durch den Wind aufgewühlt wurden. Eine schwere, kreuzweis laufende Dünung ist in der Chinesischen See ein sicheres Zeichen von einem Teifun, ausgenommen, wenn dieselbe in der Nähe einer felsigen Küste beobachtet wird, da sie dort durch die Reflexion der direkten Wogen entstanden sein kann. Sie entsteht aus der wilden, ineinanderlaufenden See, der Einwirkung der aus verschiedenen Richtungen um das Zentrum wehenden Winde.

Innerhalb 600 Meilen vom Zentrum ist die Luft halb bedeckt mit Cumuluswolken, über welchen sich Cirro-Cumulus zeigt, während oft feine Cirro-Stratuswolken ihr ein blassfarbiges Aussehen verleihen. Südlich und südwestlich vom Zentrum zeigen sich Gewitter mit Cumulus-Stratuswolken.

Je näher das Zentrum rückt, um so dichter wird die Bewölkung; die Temperatur fällt, und das Quecksilber beginnt, zunächst sehr langsam (selten mehr als $^1/_{10}$ Zoll in 24 Stunden), zu sinken. Die Luft wird von zunehmender Feuchtigkeit drückend, und in den Morgenstunden zeigt sich ein feiner Nebelschleier, während der Himmel ein drohendes dunstiges Aussehen gewinnt. Das Wetter ist dann schwül und ungesund; viele Leute finden es unmöglich, bei diesem Zustande der Atmosphäre zu schlafen. Besonders bemerkenswert ist, dass alles Ungeziefer, als Schlangen, Spinnen, Käfer und Teifunfliegen, sich besonders viel zeigt und eine gewisse Unruhe erkennen lässt.

300 Meilen vom Zentrum steht eine hohe See, welche sich vor dem Auftreten des Windes zeigt und diesen auch überdauert.

In einer Entfernung von 200 Meilen fällt die Temperatur infolge der schweren, wulstigen Cumuluswolken, mit denen die Luft dicht bedeckt ist. In dieser Entfernung zeigt sich, sofern man gerade vor dem Zentrum ist, in einzelnen Fällen die Luft abnorm trocken, während gleichzeitig die Wolken ein eigentümlich schwarzes und unheimliches Aussehen gewinnen. Der Wind fängt an, in Böen einzusetzen.

Ist man nördlich des Zentrums innerhalb einer Entfernung von 200 Meilen oder innerhalb 150 Meilen südlich desselben, so fängt es an, schwer zu regnen, nähert man sich bis unter 60 Meilen, so fällt der Regen in Strömen nieder. Donner und Blitz zeigen sich gar nicht, doch ist das vom Winde verursachte Geräusch oft so intensiv, dass man es für Donner hält.

Der Umfang der verschiedenen Teifune variiert sehr, und nahe am Lande wehen auch die schweren Winde in einem und demselben Sturme äusserst unregelmässig verteilt, so dass es dann wohl vorkommen mag, dass in einem näher am Zentrum gelegenen Orte

weniger schwerer Wind herrscht, als in einem entfernteren. Für die Annäherung der Sturmmitte giebt nur das Fallen des Quecksilbers im Barometer ein untrügliches Anzeichen und die Zunahme der Heftigkeit der Böen.

In 1892 stand das Barometer in einer Entfernung von 40 Meilen vom Zentrum auf 29.20 Zoll englisch, bei schwerem Sturme (Windstärke 10) 50 Meilen davon auf 29.30 Zoll, Windstärke 9, in 100 Meilen Abstand 29.40 Zoll, Windstärke 8, und 200 Meilen vom Sturmmittelpunkte 29.50 Zoll, Windstärke 5.

In einem Abstande von 2—15 Meilen vom Zentrum flaut der Wind ab, und es tritt Windstille ein, auf See klärt sich der Himmel ab, und über dem Kopfe des Beobachters stehen nur leichte Wolken oder ein dünner Nebelschleer, durch welche bei Tage die Sonne oder des Nachts die Sterne ichtbar sind. Die See kocht hier förmlich. Ihre Oberfläche ist zu Schaum gepeitscht, und eine Menge Luft ist in dieselbe eingepresst, welche unter dem im Sturmauge des Teifuns herrschenden niedrigeren Drucke entweicht. In der Regel sind die Wellen bergehoch und kreuzweislaufend, indessen legen sie sich oftmals in der Nähe des Landes, wenn der Durchmesser des Stillengebietes über 20 Meilen beträgt. Unzählige Seevögel und in geringerem Abstande von der Küste auch Landvögel, Schmetterlinge und andere Insekten bedecken ein Schiff, das in den Mittelpunkt eines Wirbelsturmes geraten ist. Die Region der Windstille fällt nicht genau mit dem Orte des niedrigsten Barometerstandes zusammen, auch kommt oftmals während eines Teifuns ein trügerisches, plötzliches Abflauen des Windes vor, das oft lange genug anhält, um die irrige Ansicht zu erwecken, man sei in die Kalme der Sturmesmitte gelangt.

Wenn der Wind sich in einem Teifune erhebt, so weht er stossweise, während gleichztig das Quecksilber in der Barometerröhre zu pumpen beginnt; hat er erst die Stärke 11 erreicht, so weht er in fürchterlichen Böen von ca. 10 Minuten Dauer, während das Quecksilber oft bis zu $^1/_{10}$ Zoll auf und nieder schwankt, und oftmals ereignet es sich, dass dasselbe, wenn der Wind plötzlich schiftet, in die Höhe springt, dann allmählich zurücksinkt und sich wieder plötzlich hebt, wenn der Wind wieder nach seiner ursprünglichen Richtung zurückläuft. Während dieser Böen fällt eine ungeheuere Menge Regen in wenigen Minuten, während die Temperatur um das Bruchteil eines Grades steigt und sinkt. Nur recht vor der Sturmmitte läuft der Wind wieder genau auf seine frühere Richtung zurück. Unmittelbar nahe im Zentrum tritt in der Regel eine besonders schwere Böe ein, in welcher der Wind plötzlich stark umläuft, worauf das Barometer zu steigen beginnt. Der Wind dreht sich nach der Richtung der oberen Luftströmung, welche sich am Zuge der Wolken erkennen lässt. Dann fängt die Luft wieder an, nach oben zu steigen, und zwar unter Strömen von Regen, bewirkt durch die Verdichtung des Wasserdampfes bei dessen Eintreffen in

dem höher gelegenen kälteren Stratum, gleichzeitig fällt das Barometer wieder (nachdem es zuvor durch die Wärme der Kondensation gestiegen), weil der Druck des nunmehr in Form von Regen niederfallenden Wasserdampfes zu wirken aufhört, worauf der Wind wieder die Richtung annimmt, welche durch die zentrale Depression bedingt wird, denn diese letztere ist in einem Teifune so gross, und die Gradienten sind nahe am Zentrum so steil, dass Teilminima in der Chinesischen See niemals vorkommen.

Der Winkel zwischen der Richtung des Windes und derjenigen, in welcher das Zentrum vom Beobachter liegt, ist innerhalb 75 Meilen von der Mitte eines Teifuns, oder innerhalb 50 Meilen eines Wirbelsturmes von geringerer Bedeutung, in der nördlichen Chinesischen See 50° und im südlichen Teile derselben 40°. Man kann demnach folgende Regel aufstellen: Stellt man sich mit dem Rücken gegen den Wind, so ist das Zentrum links vom Beobachter, und zwar 3—4 Striche vorderlicher als quer ab, also 11—12 Striche vom Winde ab. Nördlich von 25° nördl. Breite ist der Winkel zwischen Wind und Zentrum nur 10—11 Striche. In der Nähe der Sturmmitte weht der Wind nicht kreisförmig um das Zentrum, wie dieses anderswo bei Orkanen beobachtet worden ist.

Vor dem Zentrum und im gefährlichen Halbkreise ist auf eine Entfernung von 150 Meilen die Einbuchtung des Windes 3 Strich, d. h. das Zentrum peilt 11 Striche vom Winde, im anderen Halbkreise beträgt sie 4 Striche, hier peilt das Zentrum also 12 Striche vom Winde, und rechts hinter dem Zentrum beträgt sie 5 Striche, so dass hier das Zentrum 13 Striche vom Winde liegt. So ergiebt sich, dass der Wind vor dem Zentrum beinahe quer über die Sturmbahn weht und einem Schiffe hilft, diese zu kreuzen, sofern es, mit dem Winde 3 Striche von Steuerbord ein, weglenzt. Hinter dem Zentrum weht der Wind direkter in dasselbe hinein.

Ist man weiter, als oben erwähnt, vom Zentrum ab, so beträgt diese Einbuchtung des Windes mehr. In einer Entfernung von 200 Meilen peilt das Zentrum durchschnittlich 13 Striche vom Winde, und ist die Entfernung über 300 Meilen, so ist der Winkel zwischen dem Winde und der Richtung, in der das Zentrum liegt, 15 Striche. Die Wetterkarten lassen erkennen, dass die in grösserer Entfernung vom Mittelpunkte herrschenden leichten Winde beinahe recht in den Teifun hineinwehen. Erst dann, wenn sich die Windgeschwindigkeit steigert, vermögen die Rotation der Erde und in der Folge die Zentrifugalkraft die Luftteilchen abzulenken vom geraden Wege, der vom Gebiete hohen zu demjenigen niedrigen Druckes führt.

Leider sind diese Regeln in der Nähe einiger Küsten nicht zuverlässig. So ereignet es sich oft, dass an der Südküste Chinas ein starker Oststurm herrscht, wenn ein Teifun über die Chinasee zieht. Der Wind weht dann durch den Balingtang-Kanal in die Chinasee hinein und an der chinesischen Küste entlang. Passiert dann das Zentrum in einer Entfernung von mehreren hundert Meilen,

so sind die Erscheinungen ähnliche, wie beim Nordostmonsun, nur weht es hier um so stärker, je niedriger das Glas steht, während umgekehrt im Nordostmonsun das Barometer steigt, je härter es weht. An der nördlichen Einfahrt der Formosastrasse weht oft ein stetiger Nordostwind, während im Süden sich ein Teifun westwärts bewegt. Wiederum wird an der Küste von Anam unter solchen Umständen der Wind stetig nördlich sein.

Für Hongkong wird die folgende, nach Beobachtungen, die in den Jahren 1884 — 1887 gemacht sind, zusammengestellte Tabelle die Einzelheiten darlegen. Die 1. Reihe giebt die Richtung des herrschenden Windes, die zweite diejenige, woher die Wolken kommen, und die dritte die Peilung, in der das Zentrum liegt.

Wind	Wolken	Zentrum
OzN	O	S
NNO	NO	SO
NWzN	N	O
WzN	NWzW	NO
SWzW	WSW	N
SzW	SWzS	NW
SOzS	S	W
OSO	SO	SW

Die Angaben weichen von den vorhergegebenen Regeln ab, weil das Zentrum über Land liegt, sobald die geographische Breite des Ortes, über dem es steht, eine grössere ist, als die der Beobachtungsstation, ausgenommen in dem einen Falle, wo das Zentrum in NO peilt und gleichzeitig weit entfernt ist. Sobald das Zentrum eines Teifuns über das Festland schreitet, fängt es sofort an, sich zu verflachen, und hört auf, als Teifun zu existieren, so dass es nur noch als eine unbedeutende Depression verfolgt werden kann.

In vielen Teifunen ist der auf 0° Wärme und Meeresniveau reduzierte Barometerstand nicht unter 28.80 Zoll. In anderen fällt das Wetterglas auf 28.50 Zoll. Ein niedrigerer Stand kommt selten vor, vereinzelt allerdings ereignet es sich, dass das Barometer noch viel tiefer fällt.

Kein Teifun bleibt jemals stationär, auch nicht auf kurze Zeit. Sobald er sich gebildet hat, wird das Zentrum von dem allgemein vorherrschenden Winde weiter getrieben. Dies ist der Grund, weshalb die Teifune immer eine solche Richtung einschlagen, dass die Gebiete höchsten Druckes zur Rechten ihrer Bahn liegen, und dass sie barometrischen Maxima ausweichen, während sie sich Gebieten niedrigen Druckes nähern. Die meisten Teifune, welche im Stillen Ozeane östlich von den Philippinen oder Formosa entstehen, bewegen sich zunächst in westlicher, dann in nordwestlicher, weiter in nördlicher und schliesslich in nordöstlicher Richtung, und über Japan hinaus bewegen sie sich in östlicher Richtung. Dies geschieht unter dem Einflusse der Gebiete hohen Druckes im nördlichen Pacifischen

Ozeane, um welche sie rechtsdrehend, d. h. mit dem Zeiger der Uhr rotieren. Herrschen 2 Teifune zur nämlichen Zeit, so rotieren sie umeinander in entgegengesetzten Richtungen, d. h. sofern nicht die Einwirkung des Gebietes hohen Druckes vorherrscht, welche eine Abweichung von dieser einfachen Regel hervorrufen kann. In der Chinasee liegt oftmals ein kanalförmiges Gebiet niederen Druckes zwischen einem über dem Festlande Chinas liegenden Hochdruckgebiete und einem über dem südlichen Chinesischen Meere liegenden Maximum. Ein im Stillen Ozeans herrschender Teifun wird dann von dieser tiefen Rinne angezogen und läuft in dem Kanale entlang, weil die zu beiden Seiten desselben wehenden Winde die nämliche Richtung haben wie die um die Sturmmitte rotierenden Winde des Wirbelsturmes, und weil dieser nach der Richtung des geringsten Widerstandes fortschreitet. Während der Jahreszeit, in der die Teifune herrschen, folgen sie zeitweilig schnell hintereinander, und es ereignet sich oft, dass verschiedene zur nämlichen Zeit in verschiedenen Teilen des fernen Westens wüten. Dann kommt eine Zeit des Stillstandes, in der oft wochenlang kein solches Phänomen beobachtet wird; im Hochsommer (August und September) tritt dies jedoch selten ein.

Die Bahnen der Teifune im Stillen Ozeane bilden oftmals Parabeln, während dies in der Chinasee nicht der Fall ist. Eine Krümmung der Bahn, d. h. ein Zurückbiegen derselben nach NO, nach dem anfänglichen nordwestlichen und späteren nördlichen Verlaufe, findet hier nicht statt. Einge Teifune verschwinden in der Chinasee, nachdem sie dort nach SW umgebogen, wieder andere biegen zwischen 20° und 40° nördl. Breite und zwischen 115° und 130° östl. Länge um. Middle Dog Feuerturm, in der nördlichen Einfahrt der Formosastrasse, bildet ungefähr den Mittelpunkt des Gebietes, in dem die Rückdrehung stattfindet. Ein Schiff, das einen Teifun überstanden hat, wird, nachdem er in seiner Bahn abgelenkt ist, nicht so leicht zum zweiten Male in denselben geraten, wie dies im Stillen Ozeane oftmals vorkommt.

Teifune hören auf zu existieren oder bestehen nur noch als Depressionen von geringerer Bedeutung fort, sobald das Zentrum auf das Festland weiterschreitet. Inseln dagegen — selbst nicht Formosa mit seinen hohen Bergen — scheinen ihre Bahn gar nicht zu beeinflussen, dagegen haben offene Wasserstrassen, wie der Balingtang-, Formosa- und Korea-Kanal einen grösseren Einfluss auf dieselben. Es ist schon früher bemerkt worden, dass das Fortschreiten der Sturmmitte die Wirkung des herrschenden Windes ist. Nun fegt der Wind mit bedeutender Gewalt durch diese offenen und von hohen Bergen an beiden Seiten eingefassten Kanäle, dass er nicht nur die Teifune ablenkt, sondern ihr Vorwärtsschreiten auch bedeutend beschleunigt. Diese Erscheinung kann oftmals in der Chinesischen See beobachtet werden, wenn das Zentrum eines Wirbelsturmes sich langsam nordwärts bewegt. Sobald die Sturmmitte die Breite des Balingtang-Kanals erreicht hat, biegt sie meist immer nach

West um und schreitet dann mit einer verdreifachten Geschwindigkeit nach Hainan vorwärts. Solange der Südwestmonsun kräftig weht, bewegen sich die Teifune nordwärts. Nur spät im Jahre, wenn der Nordostmonsun an Stärke zunimmt, ist ihre Richtung in der Chinasee eine westliche.

Die mittlere Geschwindigkeit des Vorrückens eines Teifunzentrums beträgt in 11° Breite circa 5 Meilen per Stunde, in 13° $6^1/_2$, in 15° 8, in 20° 9, in 25° 11, in 30° 14 und in $32^1/_2$° 17 Meilen per Stunde. Südlich vom 13° variiert die Geschwindigkeit nicht erheblich, sondern ist ziemlich stetig, ein Umstand, dessen Kenntnis dem Seemanne von Nutzen sein kann, sehr veränderlich ist sie dagegen in höheren Breiten. In $32^1/_2$° nördl. Breite schwankt diese Geschwindigkeit von 6—36 Meilen, so dass man nicht darauf rechnen kann, ein in dieser Gegend angetroffener Sturm werde mit einer Geschwindigkeit, welche der oben angegebenen Durchschnittszahl auch nur annähernd gleichkommt, sich weiter bewegen. Näher nach dem Äquator hin als 9° sind keine Sturmzentren verfolgt worden, indessen mag ein sehr langsam fallendes Barometer, böiger Südwestwind und grobe See, auch Dünung, zeitweilig bis hinab zum Äquator beobachtet werden.

Der vorherrschende Wind führt nicht nur das Zentrum mit sich fort, sondern unterstützt die Wirkung des Wirbelsturmes und verursacht so im gefährlichen Halbkreise grössere Windstärke als in der anderen Hälfte, wo der Wind mässiger ist und direkter auf das Zentrum zuweht. Ferner bewirkt er, dass hinter dem Teifun der Wind beinahe direkt ins Zentrum hinein- und vor demselben beinahe quer zur Sturmbahn weht. Eine weitere Folge des herrschenden Windes ist die, dass Wind und Wetter schwerer werden, wenn die Sturmmitte passiert ist, als bei ihrer Annäherung.

In der Luft über dem Sturme hört die Einwärtsbewegung des Windes in der Regel in der Höhe einer halben Meile auf, ausgenommen recht hinter dem Zentrum. In Wirklichkeit ist es der in dieser Höhe wehende Wind, welcher den Teifun weiter schiebt, denn alljährlich spät im Herbste giebt es Teifune, welche sich gegen den Nordostmonsun bewegen. Es erklärt sich dies dadurch, dass der Nordostmonsun um diese Jahreszeit nur in geringer Höhe über dem Meere steht, während in den höheren Schichten Südwestwind weht. Solche Wirbelstürme verschwinden oft plötzlich, wenn der Nordostmonsun auffrischt und sich bis in höhere Luftregionen erstreckt.

In noch grösserer Höhe strömt die Luft, welche in die Sturmmitte hineingeweht und über die Schicht, in der es regnet, nach oben geführt worden ist, vom Zentrum weg, und da die Reibung zwischen den Luftteilen unter niedrigem Drucke sehr unbedeutend ist, so fliegt dieselbe mit solcher Geschwindigkeit weg, dass die oberen Luftschichten in die zentrale Windstille hinabgezogen werden. Dies ist der Grund, warum die Luft sich im Sturmauge abklart.

Teifune, welche im Stillen Ozeane in niedrigen Breiten, etwa 13° nördlich entstehen, sind von geringer Ausdehnung, aber besonders heftig. Die Isobaren sind kreisförmig, und die Einwärtsbewegung des Windes beträgt überall 45°, der Unterschied zwischen einem solchen Tornado und einem Teifun ist also der, dass der letztere länger als breit ist, während der erste eine flache kreisrunde Scheibe bildet. Je mehr sich die Teifune nach höheren Breiten bewegen, umsomehr wächst ihr Umfang, während die Heftigkeit des Windes in der Nähe des Zentrums abnimmt, und dann gleichen sie vollkommen einem in nördlichen Breiten entstandenen Sturme. Demnach scheint es unwahrscheinlich, dass die letzteren aus anderen Ursachen und Vorbedingungen entstehen als ein Teifun.

Die Ursache der Teifune sucht P. Chevalier in Zi-Ka-Wey, in Übereinstimmung mit Faye in den hohen Regionen des Luftmeeres[1]), wenigstens vermutet er dort die Ursache der Bewegung. Dagegen giebt er zu, dass die Bewegungen im Inneren der Cyklone infolge der Erdrotation so vor sich gehen, dass dort ein aufsteigender Luftstrom entsteht und unterhalten wird.

19. Elektrische Erscheinungen der Erdatmosphäre.

Versuche zur Bestimmung des elektrischen Zustandes der Erdkugel wurden von Dr. J. Tuma gelegentlich einer Ballonfahrt bei Wien ausgeführt[2]). Die getroffene Versuchsanordnung war folgende:

An den Rand des Korbes des Ballons waren 2 Klammern derart angeschraubt, dass sich die Schrauben ausserhalb befanden. An denselben war eine Stange befestigt, die beiderseits etwa um ein Viertelmeter die Länge des Korbes überragte und an ihren Enden Glasröhren trug, welche durch Siegellack wohl isoliert waren und zur Isolation von Wasserkollektoren dienten. Letztere hingen an einem 15, beziehungsweise 17 *m* langen Spagate, der am Tage vor der Auffahrt gehörig präpariert wurde. Er wurde nämlich in Wasser getaucht, dann durch ein Gewicht belastet so lange aufgehängt, bis dasselbe nicht mehr die Tendenz, sich zu drehen, zeigte. Über diesen Spagat waren Trichter geschoben, die ebenfalls an den isolierenden Glasröhren, und zwar unmittelbar unter denselben, festgebunden waren. In diese Trichter wurde behufs der Vornahme einer Messung Wasser gegossen, welches an dem Spagat in die Kollektoren hinabrann, wodurch das jedesmalige Emporziehen derselben zum Zwecke ihrer Füllung vermieden, und ausserdem mit Wasser gespart wurde. Ferner diente der nasse Spagat, der ein genügend guter Elektrizitätsleiter ist, als Zuleitung zum Elektroskope.

---

[1]) Compt. rend. 1893. **116.** p. 351.
[2]) Gaea 1893. p. 220.

Dies wurde, durch ein Hartgummistück isoliert, in der Hand gehalten und war durch Drähte mit dem Spagat, an dem die Kollektoren hingen, verbunden.

Der Höhenunterschied der beiden Wasserkollektoren betrug demnach 2 *m*, und wurde die Potentialdifferenz zwischen den beiden im Mittel gleich 80 Volt konstatiert. Diese abgelesenen Werte sind zu niedrig, wie sich nach den zahlreichen an der Erdoberfläche gemachten Messungen urteilen lässt, und muss man noch eine Korrektur hinzufügen, welche daher kommt, dass an den langen Spagatschnüren, an welchen die Kollektoren hängen, eine bedeutende Menge Elektrizität durch Ausstrahlung entweicht. Dieser Verlust lässt sich ein- für allemal feststellen und braucht nur zu den abgelesenen Werten hinzugefügt zu werden. Derselbe ist aber grösser, wenn die Oberfläche des Leiters, welcher die Kollektoren mit dem Elektroskope verbindet, rauh ist, daher es doch angezeigt wäre, bei künftigen derartigen Messungen lieber glatte Drähte als rauhen Spagat zu verwenden und auf die allerdings grossen Annehmlichkeiten, welche sonst die vom Verf. getroffene Versuchsanordnung bietet, zu verzichten. Es beeinflusst übrigens diese Korrektur nur den absoluten Wert der Ablesungen, nicht aber den relativen bei verschiedenen Höhen, und haben auch thatsächlich die vom Verf. angestellten Messungen in dieser Richtung die von F. Exner aufgestellte Theorie vollkommen bestätigt.

Nach dieser Theorie stammen die in der Atmosphäre befindlichen Elektrizitätsmengen daher, dass der von der Erdoberfläche aufsteigende Wasserdampf Elektrizität von dieser mitnimmt. Die Wirkung dieser Elektrizität ist dann die, dass sie, sobald sie sich über uns befindet, bestrebt ist, die Potentialänderung zwischen 2 Punkten über der Erdoberfläche zu verkleinern.

Je höher man steigt, desto mehr Wasserdampf bleibt unter dem Beobachter, und desto grösser müssen auch die Werte sein, welche am Elektroskope abgelesen werden, was sich auch wirklich bestätigt hat.

In einem Falle, nämlich in einer Höhe von etwa 800 *m* über dem Leopoldsberge, war die Potentialdifferenz so gross, dass sie nicht mehr bestimmt werden konnte, also über 400 Volt. Die Ursache dieser Erscheinung ist aber der Berg. Es ist die Potentialänderung über jeder Erhebung des Erdbodens eine bedeutendere als über dem ebenen Felde, und dies ist auch der Grund, weshalb der Blitz sich mit Vorliebe solche Gegenstände aussucht, um an ihnen zur Erde zu fahren.

Bei diesen Messungen war der Sinn der abgelesenen Potentialdifferenzen ein derartiger, dass sich daraus eine negative Ladung der Erde ableiten lässt. Um die absolute Stärke dieser Ladung zu bestimmen, wäre es sehr wünschenswert, dass noch eine grössere Anzahl Ballonfahrten zu diesem Zwecke unternommen würden, und zwar zu bedeutenden Höhen, um möglichst viel vom elektrischen

Wasserdampfe unter sich zu haben. Jedenfalls ist schon, nach unter anderen Voraussetzungen vorgenommenen Messungen zu urteilen, sicher, dass die Erde eine so stark negativ geladene Kugel ist, dass wir nicht im stande sind, mit irgend einer Elektrisiermaschine einen Konduktor ebenso stark zu laden.

Der Kugelblitz ist Gegenstand einer umfassenden kritisch-litterarischen Studie von Prof. Sauter gewesen[1]). Er bezeichnet als charakteristischen Unterschied dieser Blitze von den gewöhnlichen ihre Dauer, ihre Geschwindigkeit und ihre Form. „Während," sagt er, „der zickzackförmige, schmale, scharf gezeichnete Blitz und ebenso der oberflächlich mit bestimmten Umrissen erscheinende Blitz nur einen Augenblick, und zwar meistens weniger denn $^1/_{1000}$ Sekunde, dauert, sind die Blitze 3. Klasse, d. h. die Kugelblitze, oft 1, 2, 10 u. s. w. Sekunden, ja oft verschiedene Minuten lang sichtbar. Sie bewegen sich ziemlich langsam von den Wolken zur Erde, so dass das Auge deutlich ihren Lauf zu verfolgen und ihre Geschwindigkeit zu schätzen vermag. Ihre Bewegung kann mit dem Fluge eines Vogels, dem Laufen eines Tieres oder dem Rollen einer Kegelkugel verglichen werden, und fast stets zeigten sie sich dem Beobachter in kugel- oder eiförmiger Gestalt. Meistens sind mit der Erscheinung der Kugelblitze starke elektrische Entladungen der Atmosphäre verbunden, nur selten wird von einem einzelnen Kugelblitze berichtet, dem andere Blitze weder folgten, noch vorangingen, jedoch waren die sonstigen Begleiterscheinungen der Atmosphäre stets gewitterähnliche. Die übrigen Kennzeichen sind nicht stichhaltig. Bald erscheinen die Kugelblitze vor einer Entladung, bald nach einer solchen, zuweilen verschwinden sie spurlos, zuweilen explodieren sie unter furchtbarem Krachen, das bald mit dem Geräusche eines Pistolen-, Flinten- oder Kanonenschusses, eines Schusses aus einem grossen Mörser oder aus 20, ja sogar 100 gleichzeitig abgefeuerten Kanonen verglichen wird, oder von dem behauptet wird, dass noch niemals ein solches schreckliches Krachen gehört worden sei. Oft folgen die Kugelblitze den Dachkanten der Häuser, manchmal dem Blitzableiter, ebenso oft, ja fast öfter, verzichten sie auf derartige Wegweiser und irren umher ohne jedes erkennbare Gesetz und Ziel. Ihre Lichtstärke wird verschieden angegeben und scheint nicht gross zu sein, bald erscheinen sie mit einer roten Flamme, wie der Zünder einer Bombe, oder hinterlassen einen Streifen hellen Lichtes, wie eine bei Nacht abgefeuerte Rakete. Das scheinbare Volum der Kugelblitze wird verschiedenartig angegeben, teils nach exakten Messungen, teils nach Schätzungen variiert der Durchmesser zwischen 11 *cm* und 116 *cm*. Die Grösse wird bald mit einem Kinderballe, einem 6 Pencestück, einem Hühnerei, der Grösse der Faust, einer kleinen Kanonenkugel, einem Kinderkopfe, einem Manneskopfe, einem Kricketballe, einer Kanonenkugel grössten Kalibers, einer Bombe,

[1]) Beilage zum Programm des Kgl. Realgymnasiums zu Ulm 1871/72.

mit der Mondscheibe, der Sonnenscheibe, dem Volum eines neugeborenen Kindes, einem kleinen Fässchen, einer Tonne, ja sogar mit einem grossen Mahlsteine verglichen. Bald drehen sich die Kugelblitze mit grösserer oder geringerer Geschwindigkeit um sich selbst, bald schleudern sie Flammen oder Funken nach allen Seiten hin von sich, bald teilen sie sich in mehrere kleine Kugeln, sowohl in der Atmosphäre selbst, als auch erst, nachdem sie auf dem Erdboden angelangt sind. Beim Durchsetzen der Atmosphäre sind sie oft von einem scharfen Zischen begleitet, vielfach verbreiten sie in der Atmosphäre, in der Nähe des Erdbodens und besonders in den Häusern einen Schwefelgeruch, der zuweilen so stark ist, dass den Menschen der Tod durch Ersticken droht. Bald bewegen sich die Kugelblitze in gerader, bald in krummer oder wellenförmiger Linie, bald steigen sie wieder, nachdem sie sich gegen den Erdboden hin gesenkt haben, in die Atmosphäre zurück, ohne den Erdboden erreicht zu haben, bald bewegen sie sich in schräger Richtung in der Nähe des Bodens über die Erdoberfläche dahin oder scheinen gar aus der Erde emporzusteigen. Eine der merkwürdigsten Erscheinungen, die man bei Kugelblitzen sehen kann, besteht darin, dass, nachdem die Kugelblitze den Erdboden erreicht haben, sie manchmal wie ein Gummiball mehrere Male auf und ab hüpfen. Manchmal dringen die Kugelblitze, trotz ihres Volums, in sehr enge Öffnungen ein und nehmen bei ihrem Austritte wieder ihr ursprüngliches Volum an. Durch Thüren, Fenster, den Kamin oder indem sie eine Mauer oder das Dach durchbrechen, dringen die Kugelblitze in die Wohnungen der Menschen ein, durchlaufen manchmal mehrere Zimmer, um entweder zu zerplatzen, ganz geräuschlos zu verschwinden oder endlich wieder durch den Kamin, ein Fenster oder eine Thüre ins Freie zu gelangen. Auf freiem Felde verschwinden die Kugelblitze oft in einem Bache, einem Sumpfe oder in einer Schwemme. Manchmal scheinen die Kugelblitze einfach vom Winde davongetragen zu werden, manchmal stehen sie auf ihrer Bahn einige Augenblicke still. Die Wirkungen der Kugelblitze auf dem Erdboden und in den Häusern sind im allgemeinen dieselben, wie die der gewöhnlichen Blitze, doch sind sie zuweilen von enormer Heftigkeit. Der Boden wird manchmal von Kugelblitzen ganz durchfurcht und ausgehöhlt, und sehr oft werden die von ihnen getroffenen Gegenstände angebohrt, bezw. durchlöchert, ohne jedoch immer die getroffenen Körper, Häuser, Türme, Schiffe u. s. w. in Brand zu versetzen. Die Wirkungen der Kugelblitze auf den Menschen sind verschiedener Art, bald laufen die Kugelblitze harmlos unter Personen umher, ohne diese auch nur im geringsten zu verletzen, oft versetzen sie denselben, ohne diese zu berühren und ohne zu explodieren, mehr oder weniger heftige Schläge, zuweilen erzeugen sie leichte Verwundungen und haben in manchen Fällen schon den Tod von Personen herbeigeführt. Auch ein bestimmtes Land scheinen sie nicht zu bevorzugen, man besitzt eine Reihe von Beispielen von den verschiedensten Ländern, wie auch von hoher See. Sie scheinen

auch an keine Jahreszeit gebunden zu sein, im Sommer, d. h. zur Zeit der Gewitter, sind sie etwas häufiger, als in anderen Jahreszeiten, doch ist auch die Anzahl der im Winter aufgetretenen Kugelblitze relativ sehr gross. Am Tage scheinen sie häufiger vorzukommen als bei Nacht, doch mögen bei Nacht die nicht in die Häuser eindringenden Kugelblitze der Beobachtung vielfach entgehen. „Es ist wahrscheinlich“, sagt H. de Parville[1]), „dass die Erscheinung des Kugelblitzes öfters entsteht, als man denkt; sie entging bisher den Beobachtern, die sie nicht erwarteten; so kann man nach Alluard, dem Direktor des Observatoriums am Puy de Dôme, nicht selten zur Zeit eines Gewitters Mengen kleiner Feuerkugeln auf den Rücken des Berges auffallen sehen.“

Zur näheren Charakterisierung dieser Kugelblitze und zur Widerlegung der gegen die Realität dieser Erscheinung erhobenen Einwände sowohl, als zur Prüfung der Deutungen des Phänomens ist es gut, spezielle Beschreibungen des Auftretens von Kugelblitzen zur Hand zu haben. Prof. Sauter hat deshalb im 2. Teile seiner Arbeit ein sehr vollständiges Verzeichnis aller bekannten Erscheinungen des Kugelblitzes gegeben und damit ein wirklich dringendes Bedürfnis der Wissenschaft befriedigt. Aus diesem höchst wertvollen Verzeichnisse wurden folgende Beispiele entnommen:

Am 23. Mai 1712 zwischen 2 und 3 Uhr nachmittags sah während eines Gewitters in der Nähe von Baden eine Magd, die sich auf einer Wiese befand, eine ungefähr einen halben Fuss im Durchmesser haltende Kugel sich horizontal in der Luft, ungefähr 12 Fuss vom Boden entfernt, dahin bewegen. Sie bückte sich instinktiv aus Furcht, von der Kugel getroffen zu werden, allein diese ging an ihr vorüber und direkt auf einen Baum zu, von welchem sie grosse Rindenstücke wegriss, ohne Spuren einer Verbrennung zu hinterlassen. Nachdem die Kugel diesen Baum verlassen hatte, wandte sie sich von da aus auf das Haus des Herrn Escher zu und brachte die Wirkungen des gewöhnlichen Blitzes hervor.

Am 30 Mai 1769 sahen mehrere Personen abends während eines Gewitters den Blitz unter der Gestalt einer Feuerkugel in den Gasthof zum Stern in Stockholm einschlagen. wobei gleich darauf eine Menge Feuerkugeln über das Strassenpflaster dahin liefen, und zwar auf ein Gässchen zu, welches auf eine Schiffbrücke zuführte, ohne irgend welchen Schaden anzurichten.

Im Jahre 1777 sah man eine etwa 2 bis 3 Fuss im Durchmesser haltende Feuerkugel sich aus den Wolken auf die Spitze des Blitzableiters des Observatoriums von Padua stürzen. Die Leitung bestand aus einer eisernen Kette, welche an ihrer Verbindungsstelle mit der Auffangstange zerrissen wurde

Die folgende Szene stammt aus einem Briefe des Abbé Spallanzani an den P. Barletti, sie trug sich in der Nähe von Ginepreto, nicht weit von Pavia, während eines heftigen, mit Blitz und Donner begleiteten Gewitters am 29. August 1791 zu.

„Ungefähr 150 Schritte von einem Bauernhofe entfernt weidete auf einer Wiese eine Herde von Gänsen. Ein junges, ungefähr 12 Jahre altes Mädchen und ein noch jüngerer Knabe liefen vom Hofe her auf die Gänse zu, um diese in den Hof zurückzutreiben. Auf derselben Wiese befand

[1]) Planté, elektr. Ersch., Halle 1889, p. 25 Anmerkung 1 nach Causeries scientifiques 1876.

sich ein junger 9—10 Jahre alter Knabe und ein ca. 50 Jahre alter Mann. Plötzlich erschien auf der Wiese, 3 bis 4 Fuss von dem jungen Mädchen entfernt, eine etwa 2 Faust grosse Feuerkugel, kroch auf dem Boden dahin, lief rasch auf die nackten Füsse des Mädchens zu, verschwand dann unter ihren Kleidern, kam dann wieder unter kugelförmiger Gestalt oberhalb ihres Mieders zum Vorschein und schwang sich dann unter Geräusch in die Luft empor. In dem Augenblicke, als die Feuerkugel unter den Röcken des Mädchens verschwand, erweiterten sich diese wie ein Regenschirm, der geöffnet wird. Diese Einzelheiten wurden nicht von der Patientin, die sofort zu Boden fiel, gegeben, sondern von dem oben erwähnten Knaben und Mann, die, einzeln für sich befragt, den Vorfall ganz auf dieselbe Weise erzählten. „Ich mochte sie fragen, so oft ich wollte" — sagt Spallanzani — „ob sie in diesem Augenblicke eine Flamme aus den Wolken auf das Mädchen haben herabstürzen sehen, so antworteten sie mir immer mit „Nein" und sagten, dass sie die Kugel von unten nach oben und nicht von oben nach unten sich haben bewegen sehen". Auf dem Körper des Mädchens, das indessen bald wieder zum Bewusstsein kam, fand man eine oberflächliche Erosion, die sich vom rechten Knie bis gegen die Mitte der Brust hin erstreckte, auch zeigte das Hemd an den entsprechenden Stellen Brandspuren. Der Landarzt Dr. Dagna, der wenige Stunden nach dem Vorfalle die Verletzte untersuchte, fand ausser den schon erwähnten Erosionen mehrere oberflächliche, geschlängelte und schwärzliche Striemen, welche die Seitenspuren des Hauptastes des Blitzes darstellten. Die Wiese zeigte in der nächsten Umgebung des Vorfalles keinerlei Spuren der Feuerkugel.

Zu Ypres ging den 10. Juni 1886 eine Feuerkugel von der Grösse einer Billardkugel von dem Indikatortableau eines Telegraphenamtes, von welchem die Nummer vernichtet wurde, aus und blitzte in ungefähr 10 *cm* Höhe oberhalb des Apparattisches auf, wobei eine Detonation entstand, die in den verschiedenen Lokalen der Station und in einem Kaffeehause, das 150 *m* vom Bureau entfernt sich befindet, gehört wurde. Der Sekretär, der Zeuge der Erscheinung war, erhielt von der Feuerkugel auf der Hand eine Spur und vier oder fünf im rechten Ärmel seines Arbeitsrockes, welcher leicht versengt war.

Zu Gembloux in Belgien sah den 2. Juli 1886 das Personal des Telegraphenbureaus eine Feuerkugel den Telegraphendrähten von der Decke bis zum Kommutator folgen, dann aufleuchten, wobei eine starke Detonation erzeugt wurde.

C. Holzmann berichtet über einen zu St. Stephan am Gratkorn beobachteten Kugelblitz folgendes: „Um 9^h 39^m (Prager Zeit) sah ich einen Kugelblitz; ein Blitzstrahl ging senkrecht zum Himmel, endete in eine Kugel, welche plötzlich erlosch, resp platzte, ähnlich einer Rakete." (Datum fehlt.)

Die Sternwarte zu Madrid publizierte, nach der „Nature", folgende Notiz: „Dr. Ernesto Caballero, Professor der Physik und Direktor der elektrischen Beleuchtungsfabrik in Pontevedra, berichtet an die Sternwarte über eine merkwürdige meteorologische Erscheinung, die am 2 Januar 1890 9^h 15^m p. m. sich gezeigt hat. Bei heiterem und klarem Himmel erschien plötzlich eine Feuerkugel von der Grösse einer Orange, welche, nachdem sie (es ist nicht möglich anzugeben, wie und woher) auf die durch die Stadt gespannten Leitungsdrähte gefallen war, in die Fabrik durch ein Lichtloch oder Fenster eindrang, den Apparat zur Verteilung des Lichtes traf, von dem sie die arbeitende Dynamomaschine traf. Vor den Augen der erschreckten anwesenden Ingenieure und Arbeiter prallte sie zweimal von der Dynamomaschine zum Konduktor und vom Konduktor zur Dynamomaschine, dann fiel sie nieder und zersprang mit einer scharfen und deutlichen Detonation in eine Menge von Stücken, ohne einen Schaden anzurichten oder eine Spur ihrer rätselhaften Existenz zu hinterlassen. In verschiedenen Teilen der Stadt oscillierten die Lichter schnell und

erloschen für einige Sekunden. Dass die Finsternis keine allgemeine und lang andauernde wurde, war der Geistesgegenwart der Beamten zu danken, welche augenblicklich die Ordnung wieder herstellten, die so plötzlich und geheimnisvoll unterbrochen worden war durch dieses rätselhafte Meteor, von dessen Wirkung und Anwesenheit nur Spuren übrig blieben an den geschmolzenen Ecken der dicken Kupferplatten, welche zur Armatur des Kreisschliessers gehören. Ausserhalb des Gebäudes und in dem Momente des Auffallens auf die Leitungsdrähte wurde das Meteor vom Professor der Naturgeschichte, Senor Garcéran gesehen; die verschiedenen Wirkungen, die am nächsten Tage an den Drähten beobachtet wurden, waren unzweifelhafte Belege seines elektrischen Ursprungs."

Der Kirchturm der Kathedrale in Siena war kurze Zeit vor dem in folgendem beschriebenen Ereignisse mit einem Blitzableiter versehen worden. Die Leitung führte unter der Uhr vorbei, durch ein kleines Fenster nach aussen, ging dann in einer Vertiefung längs einer der äusseren Flächen des Turmes entlang und endigte im Boden an einer Stelle, unterhalb welcher ein Wasserlauf vorbeiführte. Am 18. April 1777 gegen 6^h abends sah man plötzlich während eines heftigen Gewitters die Eisenteile, welche die grosse Turmglocke tragen, funkeln und aus dem kleinen Fenster unterhalb der Uhr eine purpurrote Feuerkugel hervorkommen, welche, nachdem sie der Leitung des Blitzableiters entlang gelaufen war, sich in den Boden eingrub. Bevor sie jedoch in die in die Mauer für die Leitung eingehauene Vertiefung trat, schleuderte diese Feuerkugel mehrere grosse Funken um sich, die auf das Pflaster fielen und mit den Funken verglichen wurden, welche ein brennendes, zum Teil verkohltes Stück Holz von sich giebt, wenn es gegen eine Mauer geschlagen wird. In der Strasse verbreitete sich ein schwefelähnlicher Geruch. Die Blitzableiterleitung blieb unversehrt, desgleichen auch das Innere und Äussere des Turmes. Niemand wurde verletzt, nur ein Mann wurde umgeworfen, kam jedoch gleich wieder zu sich.

An der Thatsächlichkeit der Kugelblitze ist nicht zu zweifeln, es fragt sich nur, wie soll man diese Phänomene erklären? Prof. Sauter giebt in seiner Abhandlung kurze Darstellungen der von verschiedenen Forschern aufgestellten Hypothesen. Von diesen ist eigentlich nur eine einzige, diejenige von Gaston Planté, genauerer Berücksichtigung wert. Planté hat durch Versuche gezeigt, dass die ponderable Materie unter dem Einflusse einer mächtigen dynamischen Elektrizitätsquelle die Kugelgestalt anzunehmen bestrebt ist. Diese Eigenschaft wurde zuerst an Flüssigkeiten nachgewiesen, indem dort leuchtende Flüssigkeitskugeln beobachtet wurden. Durch Vermehrung der Spannung ergaben sich sogar in der Luft, welche mit Wasserdampf vermischt ist, wirkliche Feuerkugeln.

Planté glaubte daher, aus diesen Versuchen schliessen zu dürfen, dass auch die in der Natur vorkommenden Kugelblitze durch Elektrizitätsströme, in welchen die Quantität der Elektrizität mit deren Spannung verbunden ist, erzeugt werden. Bei heftigen Gewittern, sagt Planté, bei denen in der Atmosphäre grosse Elektrizitätsmengen vorhanden sind, können die Entladungen wie die eines mächtigen elektrischen Stromes von sehr hoher Spannung vor sich gehen, so dass der Blitz in Kugelgestalt erscheint, während bei weniger heftigen Gewittern der Blitz die geradlinige, resp. geschlängelte Form annimmt und mit den Funken einer gewöhnlichen Elektrisiermaschine verglichen werden kann.

Die Natur der Kugelblitze scheint dieselbe wie die der in den oben erwähnten Versuchen erzeugten Feuerkugeln zu sein. Die Kugeln scheinen nach Planté aus glühender, verdünnter Luft und aus den bei der Zersetzung des Wasserdampfes gebildeten Gasen zu bestehen, welch letztere sich ebenfalls in glühendem, verdünntem Zustande befinden.

Das Wasser wird in der That bei dem Versuche Planté's nicht nur verdampft, sondern am Ende eines und desselben Poles zufolge der sehr hohen, von dem hochgespannten Strome erzeugten Temperatur zerlegt.

Wenn auch eine Wasseroberfläche zur Erzeugung leuchtender elektrischer Kugeln nicht unbedingt notwendig ist, da sich solche auch oberhalb einer metallischen Oberfläche ergaben, so erleichtert doch wenigstens die Anwesenheit von Wasser oder Wasserdampf ihre Bildung oder ist bestrebt, denselben ein grösseres Volum zu geben, und zwar entsprechend der Anwesenheit der Gase, welche bei der Dissoziation des Wassers bei hoher Temperatur entstehen.

Auch scheint die feuchte Luft zur Erzeugung der Kugelblitze günstiger zu sein, und man hat sie oft teils auf überschwemmtem Boden (infolge eines starken Regengusses), teils in einer mit Feuchtigkeit gesättigten Atmosphäre beobachtet.

Planté kommt zu dem Schlusse, dass die Kugelblitze eine langsame und teilweise, entweder direkt oder auf dem Wege der Influenz vor sich gehende Entladung der Elektrizität der Gewitterwolke darstellen, sobald diese Elektrizität in ausnahmsweise mächtiger Menge vorhanden ist, und sobald die Wolke selbst oder die stark elektrisierte, feuchte Luftsäule, welche sozusagen die Elektrode bildet, sich dem Erdboden sehr nahe befindet, dergestalt, dass sie diesen fast vollständig erreicht oder von demselben nur durch eine isolierende Luftschicht von geringer Dicke getrennt ist.

Prof. Leonhard Weber hat die Planté'sche Erklärung des Kugelblitzes einer eingehenden Kritik unterzogen und findet sie nicht ausreichend, die Thatsache zu erklären. „Wenn aber auch," bemerkt schliesslich Prof. Sauter, „eine endgültige, unantastbare Erklärung der ebenso merkwürdigen, als seltenen Erscheinung der Kugelblitze bis jetzt noch nicht gefunden ist, so kann man jedenfalls L. Weber beistimmen, wenn er sagt, dass man sich vor der Hand damit begnügen müsse, die Existenzfrage der Kugelblitze auf Grund der Planté'schen Versuche, sowie der zahlreichen Berichte zu bejahen und die speziellere Erklärung einzelner Formen der Erscheinung von weiteren Untersuchungen zu erwarten."

Die Verbreitung der Gewitter über der Erdoberfläche. A. Klossowsky hat die monatliche Verteilung der Gewitter an zahlreichen Orten der Erdoberfläche zusammengestellt[1]), und seine Liste dürfte wohl die reichhaltigste sein, welche bis jetzt veröffentlicht wurde. Sie folgt deshalb hier mit einigen unwesentlichen Abkürzungen

[1]) Revue météorologique 3. Odessa 1893 (russisch).

A. Russland.

		Zahl der Beobachtungsjahre	Breite N.	Länge O. v. Gr.	Januar	Februar
1	Kola	12 (78—89)	68° 53′	33° 1′	0.0	0.0
2	Kem	24 (66—89)	64 57	34 39	0.0	0.0
3	Archangelsk	20 (70—89)	64 33	40 32	0.0	0.0
4	Petrosawodsk	14 (77—89)	61 47	34 23	0.0	0.0
5	Walaam	16 (74 - 89)	61 23	30 57	0.0	0.0
6	Wytegra	12 (78—89)	61 0	36 27	0.0	0.0
7	Wologda	9 (77—80, 85—89)	59 14	39 53	0.0	0.0
8	Wiatka	16 (74—89)	58 36	49 41	0.0	0.0
9	St. Petersburg	25 (65—89)	59 56	30 16	0.0	0.0
10	Kronstadt	24 (66—89)	59 59	29 47	0.0	0.0
11	Hogland-Leuchtturm	24 (66—89)	60 6	26 59	0.0	0.0
12	Reval	20 (70—89)	59 26	24 45	0.0	0.0
13	Baltisch-Port	16 (70—85)	59 21	24 3	0.0	0.0
14	Juriew (Dorpat)	20 (70—89)	58 23	26 43	0.0	0.0
15	Riga	22 (65—68, 70, 73—89)	56 57	24 6	0.0	0.0
16	Windau	20 (70—89)	57 24	21 33	0.0	0.0
17	Mitau	9 (66—67, 70—76)	56 39	23 44	0.1	0.0
18	Schlüsselburg	11 (77—87)	59 57	31 2	0.0	0.0
19	Nowaja-Ladoga	13 (77—89)	60 7	32 19	0.0	0.0
20	Pawlowsk	12 (78—89)	59 41	30 29	0.3	0.2
21	Pernau	12 (78—89)	58 23	24 30	0.0	0.0
22	Libau	13 (77—89)	56 31	21 1	0.0	0.0
23	Ssermaxa	13 (77—89)	60 28	33 5	0.0	0.0
24	Wilno	20 (69—82, 84—89)	54 41	25 18	0.0	0.0
25	Gorki	18 (71—77, 79—89)	54 17	30 59	0.0	0.0
26	Belostock	15 (73—85, 88—89)	53 8	23 10	0.0	0.0
27	Warschau	20 (70—89)	52 13	21 2	0.0	0.0
28	Nowaja-Alexandria	18 (72—89)	51 25	21 57	0.0	0.0
29	Kiew	20 (70—89)	50 27	30 30	0.0	0.0
30	Gorodischtsche	13 (72—84)	49 17	31 27	0.1	0.0
31	Pinsk	13 (77—89)	52 7	26 6	0.0	0.0
32	Elissawetgrad	15 (75—89)	48 31	32 17	0.0	0.0
33	Staryj-Bychow	10 (76—85)	53 31	30 16	0.0	0.0
34	Rshew	4 (76 - 79)	56 16	34 20	0.0	0.0
35	Moskau	24 (66—89)	55 50	37 33	0.0	0.0
36	Kasan	20 (70—89)	55 47	49 8	0.0	0.0
37	Gulynki	19 (71—89)	54 14	40 0	0.0	0.0
38	Schatzk	5 (73, 75—77 u. 79)	54 1	41 43	0.0	0.0
39	Ssimbirsk	11 (77—79, 81—87)	54 19	48 24	0.0	0.0
40	Saratow	6 (74, 76, 79, 80, 87 u. 89)	51 32	46 3	0.0	0.0
41	Woronesh	17 (73—89)	51 40	39 13	0.0	0.1
42	Tschernigow	13 (70—75, 83—89)	51 29	31 18	0.0	0.0
43	Tambow	9 (81—89)	52 44	41 28	0.0	0.0
44	Kischinew	13 (70—79, 87—89)	46 59	28 51	0.0	0.0
45	Odessa	24 (66—89)	46 29	30 44	0.0	0.0
46	Nikolajew	25 (65—89)	46 58	31 58	0.0	0.0
47	Otschakow	16 (74—89)	46 36	31 32	0.0	0.0
48	Sebastopol	22 (65-68, 70-79, 82-89)	44 37	33 31	0.0	0.1
49	Kertsch	15 (74—80, 82—89)	45 21	36 29	0.0	0.0
50	Lugan	25 (65—89)	48 35	39 20	0.0	0.0
51	Margaritowka	15 (75—89)	47 0	38 31	0.0	0.0
52	Taganrog	14 (75—80, 82—89)	47 12	38 59	0.0	0.0
53	Tarchankutischer Leuchtturm	16 (74—89)	45 21	32 31	0.1	0.1

A. Russland.

März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Jahr
0.0	0.0	0.1	0.6	2.1	0.8	0.2	0.0	0.0	0.0	3.8
0.0	0.0	0.4	1.2	1.8	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1
0.0	0.1	0.7	1.5	3.7	2.3	0.3	0.0	0.0	0.0	8.6
0.0	0.3	2.5	3.2	4.7	1.9	0.4	0.0	0.0	0.0	13.0
0.0	0.3	0.6	1.7	2.2	1.6	0.6	0.0	0.0	0.0	7.0
0.0	0.0	1.7	2.8	4.3	2.3	0.6	0.0	0.0	0.0	11.7
0.0	0.1	2.6	3.0	5.1	1.0	0.7	0.0	0.0	0.0	12.5
0.0	0.0	1.8	2.4	3.1	2.2	0.6	0.0	0.0	0.0	10.1
0.0	0.1	1.6	3.0	4.1	2.9	0.8	0.0	0.0	0.0	12.5
0.0	0.1	1.3	2.0	3.0	2.7	0.6	0.0	0.0	0.0	9.7
0.0	0.1	1.7	2.7	4.4	3.3	1.2	0.0	0.1	0.0	13.5
0.0	0.3	0.9	1.9	2.2	1.8	0.7	0.1	0.0	0.0	7.9
0.0	0.0	0.7	2.3	2.6	3.0	1.3	0.0	0.0	0.0	9.9
0.0	0.4	1.8	2.9	4.5	2.7	0.9	0.0	0.0	0.0	13.2
0.0	0.5	1.2	2.5	4.0	2.4	0.8	0.0	0.0	0.0	11.4
0.0	0.4	1.2	2.2	2.1	2.0	1.6	0.6	0.0	0.0	10.1
0.0	0.2	1.0	3.9	1.7	1.1	0.7	0.1	0.1	0.0	8.9
0.0	0.0	0.8	1.0	1.7	0.9	0.7	0.0	0.0	0.0	5.1
0.0	0.1	1.8	1.8	3.3	1.2	0.2	0.2	0.0	0.0	8.6
0.5	0.8	1.9	2.8	5.0	2.5	0.6	0.0	0.0	0.0	14.6
0.0	0.1	1.5	3.1	3.9	4.0	1.6	0.2	0.1	0.1	14.6
0.1	0.4	1.5	2.1	2.4	2.2	1.3	0.3	0.0	0.0	10.3
0.0	0.1	1.5	2.7	4.5	2.2	0.8	0.0	0.0	0.0	11.8
0.0	0.8	2.1	2.9	3.4	1.7	0.7	0.0	0.0	0.0	11.6
0.0	0.5	1.7	2.0	2.6	1.2	0.2	0.2	0.0	0.0	8.4
0.3	0.8	1.7	1.8	2.6	2.3	0.7	0.1	0.0	0.0	10.3
0.3	1.1	3.2	4.2	4.0	3.8	1.2	0.1	0.2	0.0	18.1
0.0	1.1	3.3	3.8	4.2	3.6	1.4	0.5	0.1	0.0	18.0
0.1	0.8	2.7	4.2	4.3	3.4	1.5	0.3	0.1	0.0	17.4
0.2	1.2	3.3	5.2	6.0	3.5	1.2	0.2	0.0	0.0	20.9
0.1	1.2	3.8	3.5	5.7	3.4	1.1	0.2	0.0	0.0	19.0
0.0	1.3	4.0	5.8	6.1	2.7	1.5	0.3	0.0	0.1	21.8
0.0	1.4	2.4	5.4	7.6	5.9	2.6	1.5	0.2	0.0	27.0
0.0	0.8	1.3	2.0	1.8	1.3	0.2	0.0	0.0	0.0	7.4
0.0	0.5	2.9	4.0	5.6	2.8	0.5	0.1	0.0	0.0	16.4
0.0	0.5	1.8	3.8	4.3	2.0	0.5	0.0	0.0	0.0	12.9
0.0	0.6	1.9	3.6	4.6	3.5	1.4	0.2	0.1	0.0	15.9
0.0	1.2	3.4	3.2	2.4	1.3	0.4	0.0	0.0	0.0	11.9
0.0	0.5	4.5	6.0	5.8	3.4	0.5	0.0	0.0	0.0	20.7
0.0	0.3	2.0	3.5	6.2	2.2	0.8	0.3	0.0	0.0	15.3
0.1	0.6	3.3	5.3	3.9	3.2	0.6	0.4	0.0	0.1	17.6
0.1	0.8	2.5	3.4	3.2	2.4	0.2	0.6	0.0	0.0	13.2
0.0	1.3	4.7	8.0	6.3	5.2	1.1	0.3	0.0	0.0	26.9
0.2	2.0	4.2	7.6	6.5	5.0	2.0	0.4	0.2	0.0	28.1
0.1	0.4	2.0	4.3	3.8	2.4	1.0	0.2	0.1	0.1	14.4
0.0	0.5	2.8	4.0	4.6	1.9	0.8	0.4	0.2	0.0	15.2
0.0	0.0	0.8	1.2	1.0	0.6	0.0	0.1	0.3	0.0	4.0
0.1	0.2	0.7	2.2	2.1	2.0	1.3	0.3	0.1	0.3	9.4
0.0	0.0	0.5	2.5	1.6	1.3	0.5	0.1	0.0	0.0	6.5
0.1	0.4	1.8	3.6	3.4	1.6	0.7	0.2	0.0	0.0	11.8
0.2	0.7	2.5	5.5	5.5	3.5	1.7	0.1	0.0	0.0	19.7
0.0	0.4	2.3	4.9	2.7	2.0	1.6	0.2	0.0	0.0	14.1
0.1	0.3	1.2	2.2	2.4	1.8	1.4	0.4	0.6	0.1	10.7

54	Jalta	12 (75—76, 80—89)	44° 30′	34° 11′	0.0	0.0
55	Bogoslowsk	25 (65—89)	59 45	60 1	0.0	0.0
56	Jekatherinburg . . .	25 (65—89)	56 50	60 38	0.0	0.0
57	Slatoust	25 (65—89)	55 10	59 41	0.0	0.0
58	Orenburg	11 (65—69, 70—75)	51 45	55 6	0.0	0.0
59	Blagodat	5 (78—81 u. 89)	58 17	59 47	0.0	0.0
60	Nishne-Tagilsk	6 (77—81 u. 89)	47 54	59 56	0.0	0.0
61	Stawropol	19 (70—87 u. 89)	45 3	41 59	0.0	0.1
62	Pjatigorsk	17 (73—89)	44 3	43 5	0.0	0.0
63	Noworossijsk	15 (72-80, 82-85, 88-89)	44 43	37 46	0.0	0.1
64	Suchum-Kale	3 (73—75)			0.3	0.3
65	Dachowskij Post . . .	15 (75—89)	43 34	39 42	0.4	0.2
66	Poti	19 (70—72, 74—89)	42 8	41 36	0.0	0.0
67	Wladikawkas	18 (72—89)	43 2	44 41	0.0	0.0
68	Kutais	6 (73—76, 79 u. 89)	42 16	42 42	0.2	0.0
69	Borshom	4 (78—79, 88—89)	41 51	43 24	0.0	0.0
70	Tiflis	25 (65—89)	41 43	44 48	0.0	0.0
71	Astrachan	20 (70—89)	46 21	48 2	0.0	0.0
72	Baku	20 (70—89)	40 21	49 51	0.0	0.0
73	Astrabad	7 (73—79)			0.0	0.0
74	Krasnowodsk	3 (76—78)	40 0	52 59	0.0	0.0
75	Fort Alexandrowsk . .	18 (72—89)	44 31	50 16	0.0	0.0
76	Irbit	11 (76—84 u. 87)	57 41	63 2	0.0	0.0
77	Omsk	6 (76—77, 85, 87—89)	54 58	73 20	0.0	0.0
78	Tomsk	15 (75—89)	56 30	84 58	0.0	0.0
79	Ssalair	6 (75—80)	54 15	85 47	0.0	0.0
80	Akmolinsk	12 (74—85)	51 12	71 23	0.0	0.0
81	Barnaul	25 (65—89)	53 20	83 47	0.0	0.0
82	Jenisseisk	17 (73—89)	58 27	92 6	0.0	0.0
83	Ssemipalatinsk	17 (65-66, 68-69, 76-88)	50 24	80 13	0.0	0.0
84	Turuchansk	12 (78—89)	65 55	87 38	0.0	0.0
85	Beresow	11 (79—89)	63 56	65 4	0.0	0.0
86	Nukus	6 (75—78, 81, 83)	42 27	59 37	0.0	0.0
87	Taschkent	9 (72, 77, 75, 79, 80—83)	41 20	69 18	0.0	0.1
88	Irgis	20 (70—89)	48 37	61 16	0.0	0.0
89	Petro-Alexandrowsk . .	7 (77—81 u. 83)	41 28	61 5	0.0	0.1
90	Irkutsk	15 (73—84, 86—89)	52 16	104 19	0.0	0.0
91	Kjachta	4 (77—80)	50 20	106 35	0.3	0.0
92	Nertschinsk	23 (65—80, 83—89)	51 19	119 37	0.0	0.0
93	Blagoweschtschensk . .	12 (78—89)	50 15	127 38	0.0	0.0
94	Wladiwostok	13 (75—78, 81—89)	43 7	131 54	0.0	0.1
95	Askold	3 (76—78)	42 44	132 21	0.0	0.0
96	Chabarowka	4 (78—81)	48 28	135 7	0.0	0.0
97	Nikolajewsk am Amur .	15 (71—72, 77—89)	53 8	140 45	0.0	0.0

B. Westliches Europa.

98	Aachen-Krefeld Summe	1876—85			3.0	1.0
99	Aalesund, Norwegen .	22	62 29	6 9	0.1	0.1
100	Adria (Ostküste d. Adria)	14			0.50	0.45
101	Alessandria	16 (1858—73)	44 54	8 37	0.1	0.0
102	Alpen (Ost-, Nordseite)	37			0.07	0.07
103	Alpen (Ost-, Südseite) .	20			0.0	0.00
104	Alten, Norwegen . . .	12	69 58	23 17	0.05	0.0
105	Althofen (Kärnten) . .					
106	Ancona	5 (1868—73)	43 38	13 31	0.3	0.4
107	Andenes, Norwegen . .	16	69 20	16 8	0.1	0.1
108	Arvaváralya, Ungarn .	35 (1850—1884)	49°16′ 20″	170 39	2.0	3.0

0.0	0.1	0.5	1.7	1.0	0.9	0.6	0.3	0.1	0.1	5.3
0.0	0.1	1.3	4.3	7.5	3.9	0.7	0.0	0.0	0.0	17.8
0.0	0.2	2.0	6.2	8.0	5.4	0.9	0.0	0.0	0.0	22.7
0.0	0.1	2.0	6.0	6.2	3.3	0.4	0.1	0.0	0.0	18.1
0.0	0.9	3.0	5.2	5.9	2.9	0.9	0.2	0.0	0.0	19.0
0.0	0.6	2.2	6.8	11.0	5.4	0.6	0.0	0.0	0.0	26.6
0.0	0.2	0.5	1.5	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0
0.3	0.2	1.6	2.6	5.6	4.1	3.3	1.9	0.0	0.1	19.8
0.1	1.0	2.6	4.1	2.5	2.5	1.2	0.5	0.0	0.0	14.5
0.0	0.3	0.7	2.8	3.7	2.7	1.6	0.7	0.3	0.5	13.4
0.0	1.3	1.7	7.0	5.7	4.7	4.3	1.0	1.0	0.3	27.6
0.4	1.0	2.6	4.9	5.9	6.4	5.0	2.7	1.6	1.5	32.6
0.0	0.5	1.2	3.3	2.9	5.4	4.4	1.5	0.6	0.5	20.3
0.0	2.0	7.4	8.7	4.4	3.4	2.0	0.3	0.0	0.0	28.2
0.0	0.7	0.5	3.0	1.7	1.1	1.5	1.1	0.2	0.5	10.5
0.0	1.2	3.5	7.2	3.0	1.8	3.8	1.2	0.0	0.0	21.7
0.4	2.3	7.8	9.9	6.8	5.6	4.1	1.3	0.0	0.0	38.2
0.0	0.2	1.2	1.8	1.8	1.5	0.7	0.3	0.0	0.0	7.5
0.0	0.1	0.5	0.9	0.9	0.6	0.8	0.5	0.1	0.0	4.4
0.1	0.1	2.3	3.0	1.3	0.9	2.5	1.1	0.3	0.3	11.9
0.0	0.7	0.0	0.3	0.3	1.0	0.3	0.7	0.3	0.3	3.9
0.0	0.1	0.8	1.2	1.1	1.5	0.5	0.1	0.0	0.0	5.3
0.0	0.2	2.3	4.0	3.1	1.7	0.4	0.0	0.0	0.0	11.7
0.0	0.2	1.0	2.7	3.3	3.5	1.3	0.0	0.0	0.0	12.0
0.0	0.1	3.1	5.5	7.6	2.8	0.7	0.0	0.0	0.0	19.8
0.0	2.3	6.0	7.3	3.8	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	19.7
0.0	0.3	1.8	3.2	3.4	2.3	0.3	0.1	0.0	0.0	11.4
0.0	0.2	2.7	5.2	8.4	5.3	0.9	0.1	0.0	0.0	22.8
0.0	0.0	0.8	3.6	6.2	3.4	0.4	0.0	0.0	0.1	14.5
0.0	0.4	2.0	3.1	3.9	2.1	0.5	0.0	0.0	0.0	12.0
0.0	0.1	0.2	1.8	3.6	2.0	0.5	0.0	0.0	0.0	8.2
0.0	0.0	0.5	2.7	4.5	1.7	0.4	0.0	0.0	0.0	9.8
0.0	0.7	2.1	1.5	1:0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8
0.7	1.6	2.3	2.0	0.4	0.4	0.3	0.2	0.0	0.0	8.0
0.1	0.6	1.9	3.1	2.8	0.9	0.4	0.0	0.1	0.0	9.9
0.3	1.6	1.9	1.6	0.4	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	6.4
0.0	0.1	0.3	2.5	3.1	1.7	0.4	0.0	0.0	0.1	8.2
0.0	0.0	0.8	2.3	4.5	2.3	0.3	0.0	0.0	0.0	10.5
0.0	0.1	0.6	3.8	5.4	4.0	0.8	0.0	0.0	0.0	14.7
0.0	0.1	1.3	5.3	6.7	3.9	2.2	0.3	0.0	0.0	19.8
0.0	0.0	0.4	2.2	1.2	0.9	1.0	0.3	0.2	0.0	6.3
0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	1.0	1.3	0.3	0.0	0.0	3.3
0.0	0.0	1.2	4.2	4.2	4.5	2.8	0.0	0.0	0.0	16.9
0.0	0.1	0.6	1.3	2.5	1.7	1.0	0.1	0.1	0.0	7.4

B. Westliches Europa.

6.0	7.0	30.0	32.0	50.0	32.0	13.0	9.0	1.0	1.0	
0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	0.1	0.4	0.2	1.3
0.60	1.05	1.60	3.85	3.25	3.90	2.95	2.75	1.45	1.10	23.4±2.5
0.3	0.9	2.2	3.1	3.2	3.3	1.4	0.9	0.1	0.0	15.5
0.19	1.14	3.56	5.04	5.13	4.61	1.53	0.41	0.01	0.07	21.8±3.0
0.14	0.82	3.14	5.76	6.65	5.00	2.29	0.86	0.15	0.04	24.9±2.0
0.0	0.0	0.0	0.2	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2
										28.7
0.3	0.4	2.5	3.1	1.5	3.1	1.5	1.7	0.2	0.2	15.2
0.1	0.0	0.0	0.1	0.3	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	1.0
3.0	6.0	6.0	172	298	277	219	38	10	1.0	{1035 Sum. {30.L Mitt.

109	Athen, Griechenland		37°	58.3′	23°	44′	1.0	1.2
		1859—71	37	58	23	43	Winter 3.4	
	Gewitter	1859—82	37	58	23	44	1.0	0.9
	Blitze						3.4	3.2
110	Augsburg	1812—1837, 1850—1862, 1866—1878	48	22	10	54	0.1	0.2
111	„Austria“ Hôtel in Gries bei Bozen	1884	46	30.5	11	20.5	0.0	0.0
112	Barzdorf	1869—84	50	25	17	6	0.1	0.0
113	Basel	112 (1755—1888)					0.05	0.05
114	Bayreuth	49	49	57	11	35	0.1	0.1
115	Ben-Nevis . . Summe	6					2.0	0.0
116	Bergen, Norwegen	22	60	24	5	20	0.6	0.2
117	Bernhard (St.)	6					0.0	0.0
118	Bilbao, NW-Küste der iberischen Halbinsel	1858, 1866—71	43	15.5	3	3	0.6	0.2
119	Birid, Norwegen	6	60	58	10	35	0.0	0.0
120	Blekinge u. Scane (Län), Schweden	1871—75						
121	Bludenz	1856—73	47	10	9	49	0.0	0.0
122	Bodenbach	44 (1828—73)	50	46	14	12	0.1	0.0
123	Bodö, Norwegen	15	67	17	14	24	0.3	0.1
124	Bohus u. Halland (Län) Schweden	1871—75						
125	Borkum	10 (1876—85)	53	33	6	40	0.3	0.1
126	Böhmen und Schlesien	25					0.08	0.06
127	Braila (Rumänien)	1879	45	16	27	58	0.0	0.0
128	Bregenz	1869—88 mit Unterbr.	47	30	9	45	0.0	0.1
129	Breslau	1850—75	51	7	17	2	0.1	0.2
	„ Summe	1876—85					0.0	2.0
	Breslau, Schlesien	1850—85					0 1	0.2
130	Brockengipfel	1836—50, 1853—59?, 1866—67	51	38	10	37	0.1	0.0
131	Bromberg	1848—79	53	7	18	0	0.0	0.0
132	Brönö, Norwegen	14	65	28	12	14	0.1	0.3
133	Brünn	1848—83					0.0	0.1
134	Brüssel	1864—73	50	51	4	22	0.2	0.4
		1835—82					0.2	0.2
135	Buda . . . Gewitter		47	30	19	2	0.0	0.0
136	Campo-Maior, Portugal	1864—70	39	2	6	59	0.6	0.4
137	Christiania, Norwegen	16	59	55	10	43	0.0	0.0
138	Christiansund, Norwegen	22	63	7	7	45	0.2	0.0
139	Chur, Schweiz	12 (1850—73)	46	51	9	31	0.0	0.0
140	Colmar (Elsass)	13					Winter 0.0	
141	Corfu		39	38	19	53		
	„	1869—79	39	38	19	53	4.1	3.8
142	Czernowitz	1852—61, 1867—73	48	17	25	57	0.0	0.0
	„	20 (1852—85)	48	17	25	56	0.0	0.0
143	Dänemark (Mittel aus 14 Stationen)	10 (1861—70)					0.1	0.1
144	Datschitz, Böhmisch-mährisches Plateau in Österreich	8 (1864—71)	49	5	15	26	0.0	0.0

0.6	0.9	1.1	1.1	1.8	1.5	2.0	2.3	2.3	1.7	17.5
		Frühling 1.0			Sommer 5.1			Herbst 5.0		14.5
1.3	1.1	1.6	1.8	1.3	1.5	1.6	2.7	2.4	1.8	18.9
3.3	3.2	5.2	7.4	5.3	6.6	6.1	8.2	7.6	6.0	65.4
0.4	1.5	3.7	4.2	5.3	4.0	1.6	0.3	0.1	0.2	21.6
0.0	0.0	2.0	2.0	4.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.0
0.4	1.4	3.3	5.4	5.5	3.8	1.3	0.1	0.1	0.0	21.7
0.3	1.0	3.3	4.7	4.8	4.0	1.7	0.4	0.1	0.1	20.5
0.3	1.1	2.8	4.0	4.4	3.2	0.9	0.2	0.0	0.0	17.1
0.0	2.0	2.0	3.0	2.0	1.0	6.0	2.0	4.0	1.0	25.0
0.1	0.0	0.2	0.2	0.4	1.3	0.5	0.5	0.5	0.4	4.9
0.0	0.0	6.0	7.0	13.0	13.0	2.0	0.0	0.0	0.0	41.0
2.3	0.2	1.0	2.2	3.2	2.0	2.3	1.3	0.7	0.7	16.7
0.0	0.0	0.4	1.2	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2
										11.5
0.0	0.6	1.5	2.3	4.2	2.7	0.9	0.4	0.1	0.0	12.7
0.2	1.3	3.3	4.5	4.4	3.1	1.0	0.2	0.0	0.1	17.9
0.1	0.1	0.0	0.1	0.3	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	1.3
										11.6
0.0	0.3	0.8	3.5	4.1	4.0	3.7	2.5	1.7	1.0	22.0
0.11	0.96	3.20	4.53	4.00	3.43	1.15	0.26	0.03	0.08	17.9+2.7
1.0	0.0	0.0	7.0	1.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.0
0.3	1.1	2.6	4.6	6.0	4.2	1.9	0.3	0.2	0.1	21.4
0.1	0.9	2.0	3.9	3.3	2.6	1.1	0.2	0.0	0.1	14.3
0.0	8.0	30.0	33.0	53.0	25.0	60.0	30.0	0.0	0.0	
0.1	0.9	2.3	3.8	3.8	2.5	0.9	0.2	0.0	0.1	14.6
0.2	1.0	2.7	2.9	3.3	2.4	0.5	0.2	0.1	0.0	13.4
0.1	0.7	2.2	4.2	3.2	3.7	1.2	0.1	0.0	0.1	13.5
0.2	0.1	0.0	0.1	0.5	0.3	0.2	0.2	0.4	0.4	2.8
0.1	0.6	2.8	4.4	3.6	2.9	0.9	0.3	0.0	0.0	16.0
0.4	1.1	3.6	2.5	4.6	4.3	1.5	0.6	0.1	0.1	19.4
0.7	1.0	2.0	3.3	3.6	3.5	1.5	0.5	0.1	0.1	16.7
0.2	0.7	3.3	3.9	4.0	3.9	1.2	0.4	0.3	0.0	17.6
0.4	1.3	5.6	4.4	1.1	1.6	2.6	1.7	0.4	0.1	20.2
0.0	0.1	0.9	2.1	3.0	2.0	0.4	0.0	0.0	0.0	8.5
0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	0.1	0.1	0.1	0.4	0.2	1.7
0.0	0.5	1.0	2.0	4.0	3.0	1.0	0.0	0.0	0.0	11.5
		Frühling 3.2			Sommer 6.9			Herbst 0.7		10.8
4.7	2.8	1.4	1.0	0.6	1.2	1.5	4.5	6.5	6.5	38.6
0.0	0.8	2.6	3.7	4.0	2.5	0.9	0.2	0.0	0.0	14.7
0.0	0.9	2.7	4.3	3.5	2.2	1.2	0.2	0.0	0.05	15.0
0.0	0.1	0.8	1.6	1.7	1.7	0.9	0.6	0.1	0.0	7.7
0.4	1.6	2.5	3.8	2.5	2.9	1.3	0.1	0.0	0.1	15.2

145	Deutschland (Mittel-)	1881—84			3.75	1.25
146	Dommesten (Norwegen)	9	61° 53′	5° 40′	0.1	0.0
147	Dovre, Norwegen	19	62 5	9 8	0.2	0.1
148	Dresden	1824—75	51 3	13 44	0.0	0.0
	Dresden	1828—78			0.1	0.0
149	Durazzo	1868—72; 73—78	41 19	19 28	2.1	2.1
150	Eberswalde	15 (1876—90)	52 50	13 50		
151	Eichberg, Riesengebirge	1859—85			0.1	0.1
152	Eidsvold, Norwegen	13	60 22	11 13	0.0	0.0
153	Eger . . . . Summe	1876—85			0.0	0.0
154	Elsfborg (Län), Schweden	1871—75				
155	Erfurt	1850—55 Niederschläge 1848—75	50 59	11 2	0.1	0.1
	"	1884				
	"	1885				
156	Erzgebirge	1883—87			0.1	0.2
157	Fagernes, Norwegen	11	68 27	17 28	0.0	0.0
158	Falun (Län), Schweden	1871—75				
159	Famagusta, Cypern, Ostküste	1882—86	35 8	33 58	0.5	1.5
160	Fécamp (am Canal La Manche)	1853—82	49 45	0 22	0.5	0.2
161	Flesje, Norwegen	13	61 8	6 27	0.1	0.0
162	Florö, Norwegen	14	61 36	5 2	0.5	0.2
163	Fort William . Summe	6			9.0	0.0
164	Frankfurt a. M.	1857—81	50 7	8 41	0.1	0.2
165	Galizien (Ost-)	15			0.00	0.03
166	Gefleborg (Län), Schweden	1871—75				
167	Genf	1826—75	46 12	6 9	0.2	0.1
168	Gjasvar, Norwegen	6	71 7	25 22	0.0	0.0
169	Gotland (Län), Schweden	1871—75				
170	Görsdorf, Elsass? Vogesen?	11 (1838—59)	48 57	7 46	Winter 0.7	
171	Görz	1870—77	45 56	13 38	0.1	0.0
	"	1884			0.0	0.0
172	Götaland, Schweden	1871—75				
	" "	1871—75			3.0	0.0
173	Göttingen	1857—81	51 32	9 56	0.0	0.0
	" . . Summe	1857—80			1.0	0.0
174	Granhejm, Norwegen	13	61 6	8 58	0.0	0.0
175	Graz, Steiermark	1836—72	47 4	15 28	0.0	0.0
176	Guarda, Portugal (Provinz Beira)	9 (1863—71)	40 32	7 16	0.5	0.4
	Guarda, Portugal (Provinz Beira)		40 32		0.6	0.3
177	Halle	1851—85	51 29	11 58	0 1	0.1
178	Hamburg-Altona	1807—24 1856—76	53 33	10 58	0.1	0.3
179	Hamburg	1876—85	53 33	39 54	0.2	0.0
180	Hausdorf, Kärnten					
181	Hellisö, Norwegen	15	60 45	4 43	0.7	0.1
182	Hohenheim, Württembg.	11 (1878—88)	48 43	9 13	0.0	0.0
183	Hüttenberg, Kärnten					
184	Jacob (St.), Kärnten (Gurk)					

4.25	6.00	17.25	21.75	26.25	22 75	15.25	9.00	6.25	4.25	138
0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.3	0.1	0.2	0.9
0.0	0.0	0.0	0.3	0.9	0.4	0.0	0.1	0.0	0.0	2.0
0.2	1.3	3.1	4.1	3.9	3.5	1.0	0.2	0.0	0.1	17.5
0.3	1.3	3.8	5.4	4 8	4.5	1.3	0.2	0.1	0.2	22.0
3.6	1.9	2.6	3.7	2.1	3.6	2.3	6.1	4.2	4.2	38.5
0.2	1.1	2.3	3 6	5.3	3 5	1.5	0 3			17.8
0.5	1.3	3.6	5.5	5.8	3.6	1.3	0.2	0.2	0.0	22.2
0.0	0.0	1.1	2.3	3.3	1.9	0.4	0 0	0.0	0.1	9.1
1.0	12.0	28.0	51.0	60.0	34.0	15.0	3.0	0.0	0.0	0.0
										13.1
0.2	0.7	3.6	3.6	4.2	3.5	0.6	0.3	0.0	0.0	16.9
	0.0	4.0	1.0	8.0	5.0	1.0	1.0	0.0	0.0	20.0
	1.0	3.0	7.0	0.0	3.0	1.0	0.0	0.0	0.0	15.0
0.4	1.9	3.8	5.2	5.9	4.2	1.9	0.3	0 2	0.2	24.3
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3
										7.7
0.2	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.5	1.2	2.8	1.7	11.4
0.6	1.1	2.2	2.1	2.4	2.2	1.8	1.7	0.6	0.6	16.0
0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.8
0.2	0.1	0.2	0.2	0.7	0.5	0.4	0.5	0.2	0.4	4.1
0.0	1.0	6.0	4.0	4.0	1.0	2.0	4.0	5.0	3.0	39.0
0,3	0.9	3.4	4.3	4.7	3.8	1.5	0.3	0.0	0.1	19.7
0.10	0.63	3.13	4.57	4.07	2.90	1.23	0.17	0.03	0.03	16.9+2 0
										9.6
0.2	1.2	4.0	5.3	5.5	4.9	2.5	0.8	0.2	0.1	25.0
0.0	0.0	0.0	0 0	0.0	0.2	0 2	0.0	0.0	0.0	0.4
										7.3
	Frühling 7.6			Sommer 22.3			Herbst 4.3			34.9
0.4	1.9	3.0	7.5	6.8	6.6	4.3	1.6	0.6	0.4	33.2
0.0	1.0	1.0	5.0	2.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	10.0
										10 27
0.7	76.0	335	882	1129	798	637	99.0	30.0	7.0	4003
0.4	1.0	3.0	4.0	6.0	4.0	2.0	0.3	0.0	0.1	20.8
11.0	29.0	81.0	133.0	139.0	110.0	43.0	12.0	1.0	3.0	563.0
0.0	0.0	0.0	2.5	3.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9
0.3	1.2	3.1	6.0	6.2	4.1	1.0	0 7	0.0	0.0	22.6
0.4	2.4	7.0	5.6	2.6	3.0	4.4	1.1	0.1	0.4	27.9
0.3	2.2	6.3	5.3	2.8	2.7	4.1	1.1	0.2	0.3	26.2
0.2	1.1	3.3	4.1	4.1	8.2	0.9	0.1	0.1	0 0	17.5
0.3	0.8	1.5	2.6	3.4	2.3	1.3	0.3	0.1	0.1	13.1
0.4	0.7	3.3	3.5	6.0	3.4	2.0	0.5	0.3	0.3	20.6
										39.6
0.1	0.1	0.0	0.5	0.8	1.0	0.4	0.4	0.6	0.3	5.0
0.1	1.2	3.3	4.5	4.9	2.7	1.6	0.0	0.0	0.0	18 3
										21.1

185	Jacob (St.), Kärnten (Lessach)					
186	Janina, Epirus . . .	16	39° 47′	20° 55′	0.9	1.4
187	Jassy	1879			0.0	0.0
	"	1880			0.0	0.0
188	Ichtratzheim, Elsass .	10 (1860—69)	48 26	7 40	Winter	0.4
189	Innichen, Kärnten . .					
190	Innsbruck		47 16	11 24	0.0	0.0
191	Inselsberg	1883				
192	Inselsberg bei Erfurt .	1884				
	" " " .	1885				
193	Jönköping (Län), Schweden	1871—75				
194	Kalmar (Län), Schweden	1871—75				
195	Keitum, Deutschland .	10 (1876—85)	54 54	33′ 28″	0.3	0.1
196	Kiel	10 (1876—85)	54 20	40 36	0.0	0.0
197	Kistrand, Norwegen . .	6	70 25	25° 13′	0.0	0.0
198	Klagenfurt, Kärnten .					
199	Königsberg	1848—79	54 42	20 30	0.0	0.0
200	Krakau . . . Summe	1826—70	50 4	19 57	2.0	3.0
	" Gewitter mit Hagel				1.0	0.0
201	Kremsmünster . Summe	1876—85			0.0	0.0
	"	1802—83			0.08	0 03
202	Kronoberg (Län), Schweden	1871—75				
203	Kunszentmárton Gewitter	1882—86	46 5	20 17	0.0	0.0
204	Kyrenia,Cypern,N-Küste	1881—86	35 21	33 14	1.0	1.0
205	Lagos,Portugal(Algarve)	1864—71	37 6.5	8 38	1.0	0.2
	" " "	1864—72			1.0	0.1
206	Laibach	1852—88	46 3	14 30	0.0	0.1
207	Larnaka, Cypern, SO-Küste	1881—86	34 57	33 38	2.2	1.2
208	Leirdal, Norwegen . .	8	61 6	7 27	0.0	0.0
209	Leipzig	1864—81			0.1	0.1
210	Lesina . . . Gewitter	1858	43 11	16 27	0.7	1.0
211	Leutschau	15 (1853—67)	49 1	18 56	0 0	0.1
212	Lienz, Kärnten . . .					
213	Limasol,Cypern, S-Küste	1882—86			2.0	2.0
214	Lindesnes, Norwegen .	8	57 59	7 3	0.1	0.1
215	Linköping (Län) Schweden	1871—75				
216	Linz (Freinberg) . . .	1864—83	48 18	14 16	0.05	0.05
217	Lippesche Forsten (9) .	1884			3.0	0.0
	" " "	1874—83			2.1	1.6
	" " "	1885			0.0	1.0
218	Lissabon	1856—71	38 43	9 8	1.4	1.2
	"	1856—75	38 43.2	9 8.3	1.2	0.9
219	Lister, Norwegen . .	10	58 6	6 34	0.2	0.0
220	Lödingen, Norwegen .	10	68 24	16 1	0.4	0.0
221	Lölling (Thal) Kärnten					
222	Lölling (Berg) Kärnten					
223	Lugano	25 (1864—88)	46 0	8 57	0.0	0.0
224	Luggau, Kärnten . .					
225	Madrid	1860—69			0.0	0.1
	"	1860—69			0.0	0.1
	"	1861—85	40 24	3 43	0.15	0.20

										33.6
										22.5
1.6	3.3	7.5	7.8	6.7	5.7	3.2	4.1	3.4	2.9	48.5
0.0	1.0	4.0	11.0	9.0	1.0	2.0	1.0	0.0	0.0	29.0
		Frühling 6.3			Sommer 18.0			Herbst 4.0		23.7
0.0	0.4	1.0	2.0	4.0	3.0	1.0	0.5	0.1	0.0	12.0
	0.0	3.0	3.0	3.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0
	0.0	5.0	3.0	13.0	9.0	1.0	1.0	0.0	0.0	32.0
	4.0	4.0	8.0	4.0	2.0	1 0	0.0	0.0	0.0	23.0
										9.3
										8.4
0.1	0.3	2.6	4.3	4.8	4.6	2.2	2.3	1.2	0.2	23.0
0.3	0.8	2.8	3.3	4.3	3.3	2.0	1.1	0.1	0.0	18.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
										27.2
0.4	2.3	3.3	3 8	2.8	1.0	0.2	0.0	0.0	0.0	13.8
4.0	30.0	75.0	101 0	90.0	67.0	21.0	6.0	1.0	3.0	403 0
1.0	9.0	12.0	13.0	11.0	4.0	4.0	1.0	0.0	1.0	57.0
6.0	10.0	28.0	54.0	73.0	50.0	26.0	1.0	2.0	0.0	
0.27	1.88	5.67	8.55	8.69	7.11	2.00	0.40	0.07	0.01	34.76
										10.6
0.2	3.0	4.2	7.6	7.4	4.6	3.0	0.2	0.0	0.0	30.2
0.7	0.5	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.8	0.2	6.7
1.3	1.7	0.8	0.8	0.0	0.0	1.2	0.3	1.2	1.3	9.8
1.1	1.3	0.7	0.7	0.0	0.0	1.0	0.3	1.2	1.1	8.5
0.1	1.0	2.1	4.8	6 4	4.7	2.7	1.4	0.5	0.1	23.9
1.0	1.8	1.8	1.8	0.2	0.2	1.0	2.4	2.2	2.0	17.8
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.4	1.2	3.6	5.0	6.3	4.7	1.2	0.3	0.1	0.1	23.1
1.0	1.0	1.1	2.9	1.9	3.0	3.0	2.3	1.6	1.7	21.2
1.0	4.0	6.1	5.2	4.8	1.6	0.4	0.0	0.0	0.0	23.2
1.2	0.8	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.2	1.4	8.4
0.0	0.0	0.4	0.6	0.8	1.6	1.0	0.8	0 0	0.0	5.4
										6.0
0.25	1.2	3.1	4.6	6.2	4.5	1.3	0.3	0 05	0.0	21.6
0.0	10.0	106.0	58.0	161.0	51.0	34.0	17.0	0.0	4.0	446.0
10.7	12.8	29.0	56.2	85.9	49.2	22.6	8.1	4.1	2.0	284.3
0.0	23.0	88.0	92.0	45.0	47.0	29.0	1.0	6.0	1.0	333.0
1.0	1.2	2.0	0.9	0.2	0.5	1.5	2.4	2.0	1.4	15.7
0.9	1.0	2.0	1.2	0.3	0.4	1.4	2.0	1.3	1.2	13.8
0.0	0.2	0.4	1.3	2.2	2.2	0.9	0.6	0.6	0.1	8 7
0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.5	0.6	0.1	0.3	0.2	2.7
										25.0
0.4	0.9	2.2	3.6	4.5	4.5	2.6	0.7	0.0	0.0	19.4
										30.6
0.4	2.8	4.9	5.5	3.5	3.1	3.3	1.2	0.1	0.3	25 2
0.4	2.8	4.9	5 5	3.5	3.1	3.3	1.2	0.1	0.3	25.2
0.65	1.35	4.55	5.00	3.95	3.90	3.40	1.45	0.15	0.15	24.9

226	Malaga	8 (1878—85)	36° 43′	4° 27′	0.0	0.0
227	Maltein, Kärnten . . .					
228	Mandal, Norwegen . .	22	58 2	7 27	0.1	0.0
229	Mannheim	24 (1841—71)	49 29	8 27	0.1	0.1
230	Marburg, Summe für 15 Jahre	1866—80	50 49	8 47	0.0	3.0
231	Marienberg, Benediktinerstift im oberen Etschthale	1858—?	46 43	10 31	0.0	0.0
232	Martin (St.) de Hinx (Dép. des Landes) . . .	(1865—74)	43 47	1 17	1.4	0.4
233	Memel	1876—85	55 43	1° 24′28″	0.0	0.0
234	Meran	20	46 40	11° 7′	0.0	0.0
235	Montpellier . . Summe	15 (1875—89)			9.0	6.0
236	München	63 (1781—1880)	48 8	11 34	0.03	0.02
237	Murcia, SO-Küste von Spanien	9 (1863—71)	37 59	1 7	0.2	0.4
238	Neapel	1871—79	40 52	14 15	0.6	0.7
239	Neufahrwasser	1876—85	54 24	1° 14′40″	0.0	0.0
240	Nikosia, Cypern, Inneres	1881—86	35 11	33° 22′	0.4	0.3
241	Nizza	1849—68	43 41	7 6	0.5	0.2
242	Norddeutschland . .	48			0.10	0.16
243	Nordseeküste	20			0.12	0.18
244	Norrbotten (Län) Schweden	1871—75				
245	Norrland, Schweden . .	1871—75			1.0	1.0
	" " . .	1871—75				
246	Norwegen, Küste (für Inlandzahlen in Klammern)	1867—83			0.26(0.06)	0.11(0.03)
	Ostland	1867—83			0.04(0.01)	0.0(0.0)
	Westland				0.33(0.15)	0.12(0.09)
	Romsd.-Tronh.				0.48(0.14)	0.16(0.06)
	Nord-Tromsö				0.22(0.11)	0.15(0.16)
	Finnmarken				0.08(0.02)	0.00(0.00)
247	Nyköping (Län) Schweden	1871—75				
248	Obervellach, Kärnten .					
249	Oerebro (Län) Schweden	1871—75				
250	Ona, Norwegen . . .	15	62 53	6° 33′	0.2	0.2
251	Östersund (Län) Schweden	1871—75				
252	Oviedo, Spanien . . .	40 (1851—90)	43 28	2 7.5 W. v. Madr.	0.5	0.6
253	Oxö, Norwegen . . .	13	58 4	8 3	0.0	0.1
254	Palermo . . . Blitz	1866—77	30°6′44″	11 37	1.1	1.0
	Donner				0.6	0.8
255	Parc de Baleine, France, Département d'Allier .	1835—88	46° 42′		0.1	0.2
256	Paul (St.) Kärnten . .					
257	Peter (St.) Kärnten . .					
258	Pola	10 (1864—73)	44 52	13 51	0.3	0.3
	"	17 (1864—81)	44 52	13 51	0.2	0.5
259	Pontafel, Kärnten . .					
260	Porto	1864—72	41 8	8 37	0.1	0.0
261	Potsdam	1877—86			0.0	0.0

0.4	0.0	1.0	0.8	0.8	0.8	0.2	0.8	0.2	0.6	5.6
										27.9
0.1	0.0	0.2	0.2	1.1	1.1	0.8	0.4	0.1	0.1	4.2
0.3	1.4	2.9	4.3	4.4	4.2	1.2	0.3	0.1	0.1	19.4
4.0	18.0	21.0	53.0	67.0	51.0	17.0	3.0	1.0	0.0	238.0
0.0	0.0	0.3	1.0	3.2	2.5	0.6	0.2	0.0	0.0	7.8
2.0.	2.3	4.8	5.2	6.0	5 4	3.6	1.5	1.3	0.5	34.4
0.1	0 2	1.6	2.4	3 7	2.3	1.1	1.1	0.0	0 0	12.5
0.0	0.3	1.3	2.6	2.7	2.1	0.4	0.3	0.0	0.0	9.7
14.0	20.0	46.0	62 0	100.0	101.0	99.0	58.0	32.0	11.0	558.0
0.1	1.0	2.3	3.3	3.6	3.0	0.8	0.1	0.1	0.03	14.4
0.8	2.3	5 8	4.8	3.2	3.8	4.8	2.5	0.9	1.1	30.6
1.6	1.3	2 0	3.0	1.6	1.1	2.9	2.7	1.0	1.1	19 6
0.2	0.5	2 6	3.7	4.9	4.0	1.7	0.3	0.0	0.0	17.9
0.2	0.3	0.5	0.2	0.0	0.0	0.6	0 3	0.5	0.0	3.3
0.5	0.9	1.4	1.4	1.7	1.7	2.3	2.5	0.8	0.2	14.1
0.31	1.17	2.97	3.96	3.83	3.71	0.86	0.28	0.14	0.10	17.6+2.7
0.46	0.80	2.19	2.95	3.10	2.74	1.14	0.45	0 25	0 39	14.8±2.6
										6.9
5.0	0.0	72.0	414.0	743.0	385.0	48.0	17.0	4 0	1.0	1690.0
										6.95
0.06(0.01)	0.05(0.02)	0.22(0.33)	0.56(1.21)	1.21(2.11)	1.25(1.56)	0.45(0.23)	0.37(0.09)	0.29(0.06)	0.14(0.08)	4.96 (5.74)
0.01(0.0)	0.02(0.02)	0.44(0.52)	0.93(1.64)	1.96(2.67)	2.11(2.03)	0.55(0.29)	0.21(0.07)	0.12(0.01)	0.0(0.1)	6.39 (7,27)
0.09(0.02)	0.08(0.01)	0.33(0.04)	0.74(0.31)	1.60(0.99)	1.74(0.76)	0.78(0.15)	0.69(0.25)	0.40(0.14)	0.16(0.07)	7.01 (2.97)
0.04(0.05)	0.08(0.01)	0.07(0.10)	0.32(0.91)	0.70(1.66)	0.44(1.14)	0.28(0.20)	0.26(0.05)	0.36(0.17)	0.30(0.09)	3.39 (4.58)
0.07(0.06)	0.08(0.00)	0.00(0.00)	0.14(0.27)	0.49(0.89)	0.53(0.61)	0.09(0.09)	0.12(0.07)	0.24(0.07)	0.11(0.11)	2.19 (2.43)
0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.04)	0.12(0.57)	0.36(1.33)	0.21(0.73)	0.00(0.00)	0.00(0.02)	0.00(0.02)	0.00(0.02)	0.72 (2.75)
										9.1
										16.9
										8.7
0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	1.4
										5.7
0.6	1.1	2.0	1.9	2.5	1.7	1.2	0.4	0.5	0.8	13.8
0.0	0.0	0.6	1.3	2.5	1.8	0.7	0.4	0.3	0.0	7.7
2.0	0.6	1.1	2.1	2.0	2.4	3.3	4.8	2.9	1.8	25.0
1.6	0.4	1.1	1.6	0.9	1.6	1.4	2.3	1.6	1.1	15 0
1.0	2.5	4.7	5.4	5.5	5.0	2.8	1.2	0.3	0.3	29.0
										25.0
										17.1
0.7	1.2	1.9	3.8	4.3	3.6	2.3	2.7	1.1	0.8	23.0
0.9	1.2	2.1	4.4	4.7	4.3	3.4	2.5	1.4	0.9	26.5
0.2	0.4	0.7	0.3	0.0	0.2	0.6	0.3	0.0	0.2	3.0
0.1	1.2	2.6	4.7	5.6	3.6	1.4	0.3	0.1	0.2	19.8

262	Praegraten (Pregratten) Gewitter in Virgenthal	1863—79?	47° 1′	12° 22.5′	0.0	0.0
	„ Wetterleuchten				0.1	0.1
263	Prag	1840—79	50 5	14 26	0.1	0.1
264	Prestö, Norwegen	11	64 47	11 8	0.4	0.0
265	Prisren (Albanien)	1886	42 12.5	20 43	0.0	0.0
266	Ranen, Norwegen	12	66 12	13 32	0.1	0.1
267	Ratibor	(1848—79)	50 6	18 13	0.1	0.0
268	Rigi . . . . Summe	6			0.0	0.0
269	Riva am Gardasee	20 (1871—90)	45 53	10 50	0.0	0.05
270	Röros, Norwegen	12	62 35	11 23	0.0	0.0
271	Rossinière, Pays d'Enhaut bei Château d'Oex	1873—79			0.1	0.1
272	Rudolstadt. Stationen III, Ordnung	1884				
	1. Neuhaus a. R.					
	2. Oberhain					
	3. Meura					
	4. Boucha					
	5. Katzhütte					
	6. Stadtilm					
	7. Leutenberg					
	8. Blankenburg					
	Stationen II Ordnung:					
	1. Rudolstadt					
	2. Frankenhausen					
273	Reitzenhain (Erzgebirge)	1861—80	50 34	21 10	0.25	0.25
274	Sachsenburg, Kärnten					
275	Sagritz, Kärnten					
276	Saifnitz, Kärnten					
277	Salzburg	1876—85			0.0	0.0
278	Sandösund, Norwegen	22	59 5	10 28	0 1	0.0
279	Säntis . (ohne Januar)	1882—83			1883 —	0.0
	„ . . . . .. Summe	5			0.0	0.0
	„	1882—85	47 15	9 21	0.0	0 0
280	Schafberg bei Ischl, Alpengipfel	1871—78	47 46	13 26	0.0	0.0
281	Schleswig-Holstein Summe	1879—83			0.0	0.0
282	Schneegruben, Riesengb.	1883—84			0.0	0.0
283	Schneekoppe, Riesengb.	1880—85			0.0	0.0
284	Schottland	1857—79				
	„ Ostseite, 3 Stat. zusammen 69 Jahre in %				1.1	1.1
	„ Leuchttürme der O-Küste nordwärts bis Wyck zusammen 12 Beobachtungsjahre, in %				0.4	0.0
	„ Leuchttürme in Shetland, Orkney, Hebriden und Westküste bis Oban, 12 Jahre in %				12.5	3.2

0.0	0.0	0.7	2.1	5.4	3.7	1.2	0.3	0.3	0.0	13.7
0.1	0.5	1.8	3.0	5.6	6 2	3.0	1.1	0.3	0.2	22.0
0.1	0.9	2.7	4.3	3 6	3.0	0.9	0.2	0.1	0.0	16 0
0.0	0.0	0.2	0.5	1.7	0.5	0.3	0.2	0.2	0.0	4.0
0.0	0.0	1.0	2.0	1.0	2.0	0.0	2.0	1.0	0.0	9.0
0.1	0.0	0.1	0.3	0.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6
0.2	1.3	3.5	5.2	4.2	3.8	1.3	0.2	0.5	0.1	19.9
0.0	2.0	5.0	12 0	17.0	10.0	2.0	0.0	0.0	0.0	48.0
0.5	1.1	2.7	5 4	7.0	6.0	3 5	1.2	0.2	0.3	27.9
0.0	0.0	0.0	0.5	0.7	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	1.6
0.2	1.5	3.0	9.2	10.5	11.2	2.5	0.7	0.6	0.1	39.7
										25.0
										32.0
										21.0
										21.0
										22.0
										33.0
										21.0
										21.0
										30.0
										27.0
1.1	2.3	4.0	6.9	7.0	4.6	1.5	0.5	0.25	0.35	29.0
										23.1
										18.5
										21.7
5.0	9.0	22.0	45.0	51.0	44.0	19.0	4.0	1.0	2.0	
0.0	0.1	0.3	1.0	0.9	1.4	0.5	0.1	0.0	0.0	4.4
0.0	1.0	0.0	1.0	6.0	2.0	{1882 —	0.0	1.0	0.0	
0.0	4.0	8.0	26.0	49.0	27.0	7.0	4.0	0.0	0.0	125.0
0.0	0.8	1.0	1.6	4.8	2.2	1.2	0.4	0.2	0.1	12.3
0.0	0.9	0.8	4.3	6.4	4.1	0.3	0.1	0.0	0.0	16.9
1.0	3.0	11.0	15.0	32.0	18.0	11.0	10.0	2.0	1.0	104 0
0.5	0.0	2.0	2.0	8.5	4.5	1.5	0.0	0.0	0.0	19.0
0.4	0.0	2.4	2.8	7.7	3.2	1.5	0.2	0.0	0.0	18.1
0.7	6.5	13.4	17.5	27.5	15.8	8.6	4.5	0.4	2.9	739
0.2	9.3	6.1	16.3	35.0	17.8	11.7	2.2	0.4	0.6	538
3.0	3.2	3.8	23.5	15.8	13.2	4.5	11.7	1.7	3.9	685

	Schottland					
	„ Sandwyck, Orkney, 23 Jahre in % .				9.8	9.8
	„ Leuchttürme der SW-Küste von Oban bis Man, 12 Jahre in % . .				10.4	3.2
285	Schreiberhau, Riesengb.	1880—85			0.0	0.0
286	Schweden (für ganzes Land)	1871—75				
287	Siebenbürgen, SO-Ungarn	12			0.00	0.05
288	Skaraborg (Län) Schweden	1871—75				
289	Skudesnes, Norwegen .	22	59° 9′	5° 16′	0.1	0.0
290	Sogndal, Norwegen . .	10	61 18	7 3	0.0	0.0
291	Sondershausen	1861—82	51 22	10 52	0.1	0.1
292	Steiermark, Kärnten und Oberkrain in % . .	1885			0.03	0.00
		1886			0.15	0 00
		1887			0.07	0.01
		1888			0.03	0.04
		Mittel			0.07	0.01
293	Stockholm (Län) Schweden	1871—75				
394	Strassburg	{1806—69?} {1801—36?}	48 34	7 45	0.0	0.1
295	Südvaranger, Norwegen	12	69 40	30 11	0.1	0.0
296	Svealand, Schweden . .	1871—75				
	„ „ . .	1871—75			5.0	1.0
297	Swinemünde	1876—85	53 56	57 4	0.0	9.0
298	SW-Deutschland . . .	26				
299	Syndicat, Thal Cleurie, Canton Remiremort .	18 (1856—68)			0.11	0.11
					Winter 0.2	
300	Tabor	1875—84	49 5	32 20	0.0	0.0
301	Tarifa	1867—71	36 0	5 37	0.4	0.4
302	Tatra (Südpass der) . .	15			0.00	0.03
303	Tharandt im Thale des Schloitzbaches . . .	1879—83	51 0	54 19	0.0	0.0
304	Thorshaven, Faröer Inseln . . . Summe	8 (1866—80)	62 2	6 44	2.0	0.0
305	Tiffen, Kärnten . . .					
306	Tönset, Norwegen . .	5	62 17	10 45	0.0	0.0
307	Torringen, Norwegen .	16	58 25	8 48	0.0	0.0
308	Triest	33 (1841—73)	45 39	13 47	0.2	0.1
	„ . . . . Summe	1876—85			0.0	2 0
309	Tröpolach, Kärnten . .					
310	Tromsö, Norwegen . .	12	69 39	18 58	0.0	0.1
311	Tyrol	22			0.03	0.00
312	Udsire, Norwegen . .	16	59 18	4 53	0.1	0.0
313	Ullensvang, Norwegen .	11	60 19	6 40	0.3	0.1
314	Ungar. Ebene (s. auch Siebenbürgen) . . .	13			0.00	0.02
315	Upsala (Län) Schweden	1871—75				
316	Uraniborg (Beob. v. Tycho Brahe) z. Vergl. Dänemark	1590			0.000	0.003
		1866			0.003	0.003
317	Utrecht	1869—78			0.1	0.0
	„	1849—91			0.09	0.16

2.0	2.0	3.3	15.7	22.9	16 4	5.2	5.9	3.3	4.0	153
1.4	3.4	7.8	19.5	14.2	20.7	6.6	5 6	3.0	4.3	682
0.7	0.7	3.0	3.8	8.3	4.3	1.5	0 5	0.0	0.3	23.2
										8863
0.50	1.20	4.15	5.80	5.07	3.62	1.52	0.32	0.07	0.02	22.3+3.1
										11.1
0.1	0.0	0.4	0.4	0.9	1.1	0.9	0.6	0.4	0.1	5.0
0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
0.5	1.1	2.5	4 1	4.9	3.1	1.1	0.5	0.2	0.2	18.5
0.22	0.32	8.86	19.80	24.52	34 32	10.57	1.28	0.08	0.00	9388
0.24	4.87	11.67	34.74	17.61	14.19	10.96	2.09	2.20	1.28	7014
0.95	3.42	8.66	12.91	45.48	24.35	3.27	0.68	0.20	0 00	7960 } Summen
0.86	2.97	11.48	34.13	22.62	19.93	5 27	2.61	0.04	0.01	9394
0.57	2 89	10.17	25.40	27.56	23.20	7 52	1.66	0 63	0 32	33756
										6.3
0.2	1.0	3.1	3.4	3.8	3.6	1.4	0.2	0.0	0.0	16.8
0.0	0.0	0.1	1.0	3.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7
										8.47
3.0	12.0	235.0	716.0	900.0	898.0	343.0	56.0	1.0	0.0	3170.0
0.0	0.8	2.5	4.5	6.0	4.6	1.2	0.3	0.2	0.0	21.1
0.40	1.60	4.07	5.15	5 34	5.02	1.59	0.29	0.12	0.11	23.9+2.1
	Frühling 4.3			Sommer 10.8			Herbst 1.6			16.9
0.3	0.3	2.0	1.3	3.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.0
0.6	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.4	2.2
0.10	1.07	4.27	5.17	5.00	4.40	1.20	0.23	0.00	0.00	21.5+2.7
0.4	1.4	4.2	5.8	7.0	4.8	2.4	0.2	0.4	0.2	26.8
1.0	1.0	0.0	0.0	0 0	1.0	9.0	0.0	1.0	3.0	9.0
										42.4
0.0	0.0	0.0	0.8	0.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1 8
0.0	0.1	0.4	0.6	1.8	1.3	0.6	0.4	0.3	0.0	5.5
0.5	1.1	1.9	3.4	3.1	3.7	2.3	2.2	0.7	0.4	19.6
2.0	6.0	18.0	60.0	52.0	55.0	47.0	15.0	8 0	4.0	
										26.4
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
0.00	0.03	1.53	2.93	4.60	3.37	1.07	0.50	0.03	0.03	14.1+1.3
0 1	0.1	0.5	0.3	0.6	0.9	0.7	0.4	0.3	0.1	4.1
0.1	0.0	0.0	0.5	2.2	0.7	0.3	0.6	0.7	0.3	5.8
0.18	0.58	2.35	2.80	2 95	2.72	0.92	0.45	0.00	0.00	13.0+1.9
										7.7
0.000	0.003	0.028	0.053	0.043	0.034	0.015	0.000	0.000	0.000	
0.000	0.000	0.026	0.053	0.055	0.055	0.030	0.019	0.003	0.000	
0.4	0.8	2.2	3.3	1.2	4.5	2.8	1.3	0.2	0.0	22.8
0.28	0.81	2.56	3.00	4.33	3.63	1.77	0.88	0.21	0.05	17.7

318	Vardö	16	70° 22′	31° 7′	0.0	0.0
319	Venedig	13 (1853–66)	45 26	12 20	0.0	0.0
320	Vent (oder Fend) im Hintergrunde des Ötz-thales		46 52	10 56		
321	Vermland(Län)Schweden	1871—75				
322	Vesterboten (Län) Schweden	1871—75				
323	Vesteras (Län) Schweden	1871—75				
324	Vesternorrland (Län) Schweden	1871—75				
325	Villa, Norwegen . . .	16	64 33	10 42	0.0	0.1
326	Wang, Riesengebirge .	1880–85			0.0	0.0
327	Warnemünde-Wustrow {Warnem. / Wustrow}	1876—85	54 10 / 54 21	51ᵐ 45ˢ / 49 35	0.0	0.0
328	Weisbriach, Kärnten .					
329	Weissenhof	10 (1881—90)	15 *km*	nördlich von Wien	0.0	0.0
330	Wiesenau, Kärnten . .					
331	Wilhelmshaven . . .	1876—85			0.1	0.0
	" . . .	1875—85	53° 32′	32′ 35″	0.1	0.0
332	Würmlach, Kärnten . .					
333	Württemberg	1866—75			0.1	0.2
334	Ytteröen, Norwegen . .	9	63 49	11° 14′	0 2	0.0
335	Zürich . . . Gewitter / Blitze	90			4.0 / 3.0	8.0 / 3.0
336	Zwickau	1864—81			0.1	0.1

C. Asien.

337	Bangkok, Siam . . .	1858—68 m. Ausn. 1862	13° 38′	107° 27′	0.1	1.5
338	Banjermassing, S-Küste, Borneo	1850—58	3° 34′ S	114 30	5.3	4.0
339	Batavia	1866—75	6 11 S	106 50	9.7	8.1
340	Buitenzorg, N-Java, Inland	1841—54 (m. Unterbr.)	6 37 S	106 48	14.0	12.0
341	Decima, Insel b. Nagasaki	1845—55	32° 44′	129 42	0.2	0.1
342	Hué (Anam)	1881—86	26 33	107 38	0.0	0.0
343	Mahé (Seychellen) . .	1888			1.0	3.0
344	Newchwang, Mandschurei	1861—62	40 57	121 27	0.0	0.0
345	Nigata, Ost-Asien . .	1872—81	37 55	139 10	0 3	0.1
346	Padang, SW-Küste, Sumatra	1850—56	0° 56′ S	100 2	3.0	2.6
347	Palembang, O-Sumatra	1850—56 (ohne 1854)	2 50 S	104 53	3.7	7.0
348	Peking	1841—74	39° 57′	116 29	0.0	0.0
349	Sapporo, Japan . . .	1877	43 4	141 23	1.0	0
350	Tokio (Kaiseigakko), Japan. Gewitter und Donner	1873	35 41	139 47	0	1
		1874	35 41	139 47	0	0
		1875	35 41	139 47	0	0
		1876	35 41	139 47	0	0
	Tokio (Kaiseigakko), Japan. Kaiserliches Observatorium . . .	1876	35 40	139 45	0	0
		1877	35 40	139 45	0	0
		1878	35 40	139 45	0	0
351	Yokohama, Japan . .	1865	35 27.3	139 40.2	Winter 3	

0 0	0.0	0.0	0.2	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
0.4	1.1	1.4	3.5	3.2	2.6	2.6	1.6	0.3	0.1	16.8
										10.5
										6 3
										12.1
										6.6
0 0	0.0	0 0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0 0	0.1	0.5
0.3	0.8	2.7	3.0	7.2	3.5	0.8	0.5	0.0	0.2	19.0
0.1	0.6	1.9	2.9	3.0	3.2	0.6	0.6	0.1	0.1	13.1
										22.5
0.2	2.6	7,3	10.2	9.7	8.3	2.3	0.5	0.0	0.0	41.1
										24.2
0.3	0.6	2.8	4.3	6.1	3.6	1 4	1.6	0.4	0.1	21.3
0.3	0.6	2.8	4.3	6.1	3.6	1.4	1.6	0.4	0.1	21.3
										36.6
0.3	1.4	3.6	4.2	6.6	3.2	1.1	0.5	0.1	0.1	21 3
0.0	0.0	0 0	2.4	6.2	1.7	0 1	0.1	0 3	0.0	7.4
19 0	139.0	242.0	407.0	345.0	403.0	129.0	23.0	11.0	4.0	zu-sam-men 1734
5.0	20.0	24.0	20.0	43.0	39.0	39.0	12.0	5.0	4.0	217
0.2	1.2	3.8	5.3	6.2	4.7	1.4	0 3	0.1	0.1	23.5

C. Asien.

4.3	7.9	14.0	8.9	9.0	8.6	10.6	7.6	3.3	0.6	76.4
4.3	4.2	6 3	3.0	2.1	2.4	3.3	5 3	7.4	6.6	54.2
8.4	8.5	6.9	4.6	4.9	4.3	5.9	8.5	12.5	12.4	94.6
15.0	16.0	17,0	11.0	9 0	11.0	12.0	19.0	18.0	13.0	167.0
1.1	0.7	0.6	0.5	1.1	1.3	0.4	0.0	0.7	0.3	7.0
0.0	2.0	4.0	7.0	2.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.0
2.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	4.0	0.0	16.0
0.0	0.0	2.0	8.0	2.0	2 0	0.0	0.0	1.0	0.0	15.0
0.2	0.4	0.7	0.6	1.2	2.4	0.9	1.0	1.4	0.6	9.8
5.5	5.8	4.4	3.6	1 6	3.4	4.0	6.5	3.2	5.2	48.8
12.0	14.0	10.0	7.8	9.8	9 7	6.0	11.5	14.8	9.3	115.6
0.0	0.7	3.0	6.6	6.9	5.6	3.7	0.4	0 0	0.0	26.9
0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	2.0	2 0	2.0	0,0	0.0	9 0
0	1	2	0	1	2	0	0	0	0	7 (Mittel 7.4)
1	4	2	2	4	0	0	0	0	0	13
0	1	2	1	3	0	2	0	0	0	9
0	1	1	1	1	1	4	0	0	0	9
0	0	1	0	1	1	2	0	1	0	6
0	0	1	0	2	2	2	0	0	0	7
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Frühling 1			Sommer 4			Herbst 0			8

D. Afrika.

352	Alexandrien, Ägypten	3 (1857—61)	31° 11′	29° 53′	Winter 3.0	
353	Antananariva in Madagaskar	1890	18° 55′S	47 26	8	8
354	Azoren: Angra do Heroismo	1865—70	38° 36′	27 15 W	Winter 1.2	
355	„ Delgada	1865—70	37 44	26 55 W	Winter 1.8	
356	„ Faial	1865—70			Winter 2.0	
357	Bengazi	1882	32 7	20 3 ?	1	1
358	Biskra, Algerien, Nordrand der Sahara	1845—53	34 51	5 40	0.2	0.3
359	Bismarckburg, Togoland, Inneres	2 (Juni 1888 — Juni 1890)	8 12	0 34	25 21	8 22
360	Berbera	1883—85	10 28	45 7	—	1
361	Chinchoxo, Loangoküste, West-Afrika	1875?	5° 9′ S	12 3.5	16	18
362	Chinchoxo, Loangoküste, West-Afrika (Wetterleuchten)	1875?	5° 9′ S	12 3.5	5	4
363	Christiansburg, Goldküste	1829—42	5° 36′	0 10 W	4.0	5.6
364	Elfenbeinküste	1 (1860—62)			1	1
365	Freetown, Sierra Leone	1875	8 29	13 9 W	0	1
366	Fwambo (Afrika)		8° 53′S	31 43	8	9
367	Gabun	1870	0° 30′		8	6
368	George (St.) d'Elmina, Goldküste	1860—62	5 5	1 20	1.0	2.0
369	Gondokoro (am oberen Nil)	1853—54	4 55	31 28	1	1
370	Ismaïlia, Ägypten	2 (1857—61)	30 34			
371	Kairo, Ägypten	5 (1857—61)	29 59	31 18		
	„ „	1887—88	30 5	31 17	Im Jahre 1888	
372	Kakoma und Igonda, Ost-Afrika	1881—82	5° 40′ S	32 35	5	14
373	Kamerun	{Nov. 1885 / Okt. 1886} 1 Jahr	4 3 S	9 42	6	0
	„	{April 1888 / März 1889} 1 Jahr	4 3 S	9 42	4	6
	„	{April 1889 / März 1890} 1 Jahr	4 3 S	9 42	12	18
374	Kita, Senegal	Februar — Dez. 1882	12° 55′	9 20 W		
375	Loanda	1880	8° 49′ S	13 7	1	0
376	Madeira	1865—70	32° 28′	16 55 W	Winter 3.4	
377	Mukenge, Afrika	1882—83			1893 12	18
378	Pieter-Maritzburg, Natal	1860—65	29° 30′ S	30 2	8.7	7.0
379	Praia, auf Santiago, Capverdische Insel	1875—79	14° 54.4′	23 31 W	1.2	0.2
380	Pretoria, Transvaal	1875—78	25° 45′S	28 50	6.3	4.0
381	Rubaga, Victoria-See, Zentral-Afrika	1881	0° 19′	33	?	?
382	Said (Port), Ägypten	2 (1857—61)	31 17			
383	Salvador (S.), Congo	1883—86	6° 17′S	14 53	9	11
384	Ssibange-Farm, Gabun, W-Afrika (Wetterleuchten in Klammern)	1880	0° 25′	9 35	4(2)	12(7)

D. Afrika.

	Frühling 0.3			Sommer 0.3			Herbst 0.3			3.6
14	15	0	0	0	0	1	8	5	11	70
	Frühling 0.3			Sommer 0.2			Herbst 0.3			2.0
	Frühling 0.8			Sommer 0.7			Herbst 0.8			4.1
	Frühling 1.0			Sommer 0.0			Herbst 3.0			6.0
1	0	0	0	0	0	0	0	2	3	8
0.2	0.7	0.2	0.8	0.7	3.3	1.5	0.2	0.2	0.3	8.6
15	25	17	5	6	13	6	20	25	25	190
18	26	21	10	2	3	10	24	26	19	202
3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3.0
7	19	9	0	0	0	0	1	7	6	83
2	5	11	0	0	0	0	5	8	9	49
10.8	10.8	7.6	2.7	0.0	0.2	3.2	7.2	5.3	7.8	65.2
5	11	5	1	0	0	0	2	15	6	47
0	1	4	2	1	0	2	2	1	2	16
15	5	0	0	0	0	3	7	4	8	59
17	7	2	0	0	0	3	9	8	6	66
3.7	1.3	4 3	2.7	0.0	0.0	0.0	5.0	6.3	4.3	30.6
0	2	11	2	1	4	4	1	1	0	28
										11.5
										1.4
ab es bloss 2 Gewitter, im Jahre 1887 wurde kein Gewitter verzeichnet, wie das die allgemeine Regel ist.										—
30	16	2	0	0	0	1	0	7	19	94
3	2	6	6	0	0	0	1	1	—	25
3	0	1	6	11	10	7	14	9	11	82
12	5	4	9	12	13	10	6	13	17	131
										102
7	3	0	0	0	0	2	1	6	4	24
	Frühling 1.3			Sommer 0.0			Herbst 2.2			6.9
17	26	10	—	5	1882 12	12	17	19	14	162
6.7	5.0	1.8	0.2	0.5	1.2	4 0	8.0	6.8	9.5	59 4
0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	1.8	0.6	0.4	0.6	5.2
1.3	1.0	1.0	0.3	0.3	1.3	3.5	3.0	4.5	5.5	32.0
?	12	8	3	9	3	2	?	?	?	—
										4.5
8	13	12	0	0	1	2	4	14	12	86
13(4)	5(2)	3(4)	0(0)	1(0)	0(0)	2(4)	7(4)	18(5)	14(0)	79(32)

385	Suez, Ägypten . . .	2 (1857—61)				
386	Tanger (Wetterleuchten in Klammern) . . .	1880—85			1.0 (0.2)	1.4 (0.2)
387	Walfischbai, W-Küste von S-Afrika . . .	1885	22° 56.5′ S	14° 26′	0	4
	Walfischbai, W.-küste von S.-Afrika . . .	1886	22° 56.5′ S	14 26	0	2
388	Vivi am Congo . . .	Mai 1882 — Mai 1883	5° 40′	13 49	1882 ? 1883 11	? 12
389	Zanzibar	1864	6 10 S	39 15	2	6

E. Nord- und Zentral-Amerika.

390	Brunswick (Maine) . .	51 (1807—59)	43° 54.5′	69° 57.4′ W	0.02	0.00
391	Chiacam, Alta Verapaz (Guatemala) . . .	1890			0	2
392	Godthaab, Westgrönland, Polarstation . . .	1882—83 (13 Mon.)	64.2°	51° 7′ W	0	0
393	Guatemala	1860—61	14° 37.5′	90 31 W	0	0
	Gewitter . / Blitz . .	1879—80	14 37.5	90 31 W	1880 0 / 0	0 / 1
	Blitz . . / Donner .	1880			0 / 0	1 / 0
	Blitz . . / Donner .	1881	14° 38′	90 31 W	0 / 0	2 / 0
	Blitz . . / Donner .	1882	14 38	90 31 W	0 / 0	0 / 0
394	Leon (Guanajuato), Mexico	1883	21 7	2 36 W v. Mexiko	2	5
	Leon (Guanajuato), Mexico	1889			0	1
	Leon (Guanajuato), Mexico	1891	21 7	101 40 W	2	7
395	Louis (St.) am Mississippi	12 (1854—68)	38 37	90 16 W	0.6	1.1
396	Luis (S.) Potosi, Mexico	1880	22 9	101 12 W	1	0
397	Mexico	12 (1877—89)	19 26	99 7 W	1.0	1.9
	"	1878	19 26	99 6 W	1	0
398	Michaels (St.) Alaska .	Juli 1874 bis Juli 1877	63 28	161 48 W		
399	Pike's Peak, Colorado .	von Nov. 1873 bis Juni 1888 incl.	38 50	105 2 W	0 0	0.0
400	Port au Prince (Haïti), Donner und Blitz (Donner allein — in Klammern)	1864			0 (0)	3 (1)
	Gewitter über d. Stadt und Umgebung .	1864—68			0.5	0.5
	Donner und Blitz (Donner allein — in Klammern) . . .	1864—68			0.5 (0.2)	1.8 (0.[illegible]
	Wetterleuchten . .	1864—68			0.0	0.S
	Donner und Blitz (Donner allein — in Klammern) . . .	1865			0 (0)	0 (0)
	" "	1866			2 (1)	2 (2[illegible]
	" "	1867			0 (0)	2 (0)

										4.5
3.6(0.8)	2.4(0.0)	1.3(0.7)	0.7(1.3)	1.7(1.2)	0.3(0.5)	0.2(1.6)	0.6(0.2)	0.4(0.6)	1 0(0.0)	14.6(7.3)
2	2	2	0	0	0	0	1	1	3	14
0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	4
?	?	6	0	0	0	0	0	21	12	95
14	19									
12	4	0	0	0	0	0	2	5	15	46
E. Nord- und Zentral-Amerika.										
0.12	0.25	0.94	1.76	2.55	2 10	0.86	0.45	0.16	0 4	9.25
4	3	12	5	4	6	9	7	1	1	54
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	9	5.5	7	12	9	8	5	0.5	0.5	57.5
1879										
2	4	6	3	1	4	4	2	1	1	27
4	4	15	12	6	5	9	1	3	1	61
1	6	9	7	15	9	11	2	5	1	67
1	2	7	0	3	2	0	1	0	2	18
3	11	20	21	14	13	9	7	5	0	105
0	0	3	5	2	3	1	0	0	0	14
0	12	14	19	14	18	5	6	1	1	90
0	2	3	1	2	2	1	1	0	0	12
8	0	19	21	25	27	20	22	7	4	160
3	6	17	25	26	25	26	4	7	1	141
0	4	13	28	24	22	13	6	0	3	122
2.4	3.7	5.0	7.4	4.7	4.4	4.2	1.6	0.7	0.8	36.6
0	6	16	17	23	23	21	7	12	4	130
4.4	10.3	16.5	20.4	22 8	22.9	17.8	13.5	4.8	2.3	138.5
0	0	15	19	26	18	20	14	2	3	118
										3-4 i. Jahr.
0.1	1.6	5.9	7.9	12.1	8.4	2.4	0.9	0.3	0.1	39.7
0(0)	2(1)	5(1)	5(8)	8(6)	15(1)	20(2)	1(1)	2(0)	2(0)	63(21)
0 0	1.2	4 2	2 5	3.8	4 2	4.6	2.0	1.2	0 2	24 9
0.2(0.2)	4.5(1.0)	12.0(2.0)	9.2(7.8)	10.5(4.8)	11.4(3.2)	16.4(2.8)	8.0(2 2)	3.0(0 8)	0.4(0.2)	77 6(26.0)
0.2	0.8	1.0	0.5	1.2	0.2	2.4	0.8	2.6	0.6	11.1
0(0)	2(1)	17(4)	8(8)	7(2)	9(3)	11(8)	13(3)	4(2)	0(1)	75(32)
0(0)	8(4)	13(1)	13(8)	13(10)	16(4)	20(3)	7(4)	1(0)	0(0)	95(35)
1(1)	6(0)	13(2)	11(7)	13(1)	15(8)	14(1)	17(3)	7(2)	0(0)	99(25)

401	Ross' View, Jamaica .	1869—73	18° 3'	76° 44' W	0.8	0.6
402	Sanchez, San Domingo .	1886—88	19 13	69 37 W	0.0	0.0
403	Simpson (Fort), arktisches Amerika	1849–51	62 7	121 33 W	Gewit	
404	Toronto, Canada . . .	1841—71	43 39	79 23 W	0.0	0.1
405	Vancouver-Insel Summe	3 (1857—63)	45°-50°	120°–150° W	0	0.0

F. Süd-Amerika.

406	Alpina, bei Rio de Janeiro Gew. nahe	1891	23°40' S	43° W	5	9
	„ fern				12	17
	Überhaupt				7	26
407	Antonio (S.) da Palmeira, Süd-Brasilien . . .	1879	27 54 S	53° 26' W	0	0
408	Bahia Blanca, atlantische Küste von Argentinien	1860–69	38 43 S	62 20 W	1.0	2.0
	„ „	1870	38 43 S	62 20 W	0	2
409	Bahia (Brasilien) . . .	10 (1880—89)			1.4	3.0
410	Bento das Lages, Brasilien, Provinz Bahia	1872—81 (m. Unterbr.)	12 37 S	38 40 W	6.8	8.4
411	Blumenau (Süd-Brasilien)	8 Jahre	26 55 S	49 9 W	8.0	4.8
	„ „	1889	26 55 S	49 9 W	15	7
	„ „	1890	26 55 S	49 9 W	12	6
412	Bogota	3 (1848–50)	4 35 S	74 14 W	12.0	16.0
	„	2 (1880—81)	4 35 S (circa)	74 14 W	0.0	2.5
413	Cochabamba, Bolivien .	1885	17 20 S	65 45 W	8	3
414	Cruz (Santa), Provinz São Pedro (Siehe São Leopoldo) do Rio Grande do Sul	1 (1872—73)	29 35 S	52 30 W	8	11
415	Curityba (Parana, Bras.)	1889	25 26 S	49 13 W	18	13
	„ „ „	1890	25 26 S	49 13 W	13	7
	„ „ „	1891	25 26 S	49 13 W	18	8
416	Donna Francisca (Süd-Brasilien)	4	26 10 S		6.5	8.5
417	Joorge (S.) Uruguay .	1867—68	32 45 S	56 10 W	3	2
418	Joinville, Süd-Brasilien .	?	26 19 S	53 48 W	5	7
419	Leopoldo (São) und Santa Cruz	1869—73	29 15 S 29 45 S	50° 45'–53° W	3.7	4.0
420	Mendoza	1852; 1857	32° 51.5' S	67 32 W	Sommer	
421	Montevideo, Argentinien	10 (1843—52	34 54 S	56 13 W	4.5	3.7
422	Parana	1 (1858—59)	31 43 S	60° 32.6' W	Sommer	
					1881	
423	Passo-Fundo, Süd-Bras.	1880—81	28 13 S	52° 12' W	8	9
424	Paulo (S.), Brasilien .	1887			5	7
425	Pelotas, Süd-Brasilien .	1875	31 46 S	52 22 W	5	6
	Gew. u. Wetterleuchten	1877	31 47 S	52 19 W	3	7
					1879	
426	Quito	1 (1878—79)	0 14 S	78 45 W	10	8
427	Rio de Janeiro	20 (1851—62, 68—75)	22 54 S	43 20 W	6.6	5.7
428	„ „	40 (1851—90)	22 54 S	43 10 W	6.3	5.3
429	San-José de Costa-Rica	1866—75	9 56 S	84 0 W		

0.4	0.4	5.6	6 2	8.4	10.0	11.8	4.6	1 8	3 2	53.8
1.7	4.3	10.0	17.0	14.0	11.7	14.3	7.0	5.0	0.0	85.0
ter 15. Juni 1850, 27. und 31. Mai 1851										
0.6	2.0	3.4	6.2	7.2	5.2	3.2	1.0	0.2	0.1	29.2
0	0	1	3	2	4	0	0	0	2	12

F. Süd-Amerika.

4	2	1	1	0	0	1	5	1	1	30
9	6	0	0	0	0	4	8	10	12	78
13	8	1	1	0	0	5	13	11	13	108
4	0	1	3	3	1	2	2	3	5	24
1.0	0.9	0.9	0.3	0.3	0.5	1.0	1.9	1.1	1.9	12.8
2	0	0	0	0	0	0	2	2	1	9
3.9	1.9	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.5	1.6	1.2	13.9
9.5	3.6	1.2	0.7	0 2	0.0	0.5	2.7	7.3	5.2	46.1
6.0	1.9	1.6	1.0	2.4	3.1	4.9	3.5	4 8	7.2	49.2
10	2	4	0	3	4	5	3	5	(16)	74
9	2	2	1	2	5	9	5	2	6	61
12.0	18.5	9.3	4 0	2.5	2 0	5.0	16 5	18.0	16.5	132.3
4.5	5.0	5.5	0.0	0.0	0.5	1 0	9.0	6 5	4.0	38.5
1	0	0	1	0	1	2	2	3	9	30
1	5	2	6	4	5	5	0	3	3	1873 Jahr (nicht für ganzes Jahr)
							10	3	9	
8	8	6	1	1	9	6	5	7	14	96
7	1	3	0	1	6	11	5	5	13	72
9	3	1	7	4	3	8	8	6	6	81.0
9.2	4.0	1.0	1.5	5.7	4.0	2.5	5.5	5.0	7.0	60.4
6	5	3	0	3	5	2	6	7	3	45
4	3	4	1	2	4	6	3	5	2	46
3.0	2.0	1.7	3.3	2.7	4.7	4 3	5.0	2.7	4.3	41.4
15	Herbst 1			Winter 0			Frühling 3			19
2.6	2.9	3.7	3.3	2.8	2.3	2.6	4.0	2.3	5.1	39.8
12	Herbst 7			Winter 2			Frühling 11			32
								1880		
—	6	4	4	13	6	8	6	—	—	39
3	3	2	1	1	0	6	5	1	5	33
3	1	1	2	2	1	3	2	3	4	53
5	7	1	2	6	3	3	5	6	5	111
							1878			
14	21	18	11	4	3	4	8	5	5	28.8
3.7	1.5	1.0	0.4	0.4	0 7	1.3	1.8	2.8	2.9	30.0
3.8	2.2	0.6	0.3	0 4	0.6	1.4	2.1	2.7	4.3	34

F. Süd-Amerika.

428	San José Plateau v. Costa-Rica	1868—70 (im Jahre 1869 Januar—Juni)	9° 54′	84° 7′ W	0.0	0.0
	„ de Costa-Rica . .	1866—80	9 56	84 8 W		
	„ „ . .	1875	9 56	84 0 W	0	0
	„ „ . .	1890	9 56	84 8 W	0	0
429	São Paulo (Brasilien) .	1887	23°36′S	46 35 W	5	7
	„ „ „ .	1888	23 36 S	46 35 W	1	8
	„ „ „ .	2 (1889—90	23 33 S	46 38 W	17 16	9 9
430	Stanley-Hafen, Falkland-Inseln	3 (1875—77)	51 41 S	57 51 W	1.0	1.0
431	Taquara, Brasilien (deutsche Kolonie Mundo Novo)	1870—71 (13 Monate)	29 40 S	50 47 W	2.5	4.5
432	Tatuhy, Brasilien . . .	2 (1889—92)	23 27 S	47 46 W	4 7	6 11
433	Valdivia, Chile	1871—72	39 49 S	73 16 W	0.4	0.5

G. Australien.

434	Brisbane, Queensland . .	1880	27°28′S	10h 12.7″	2	2
	„ „ . .	1889	27 28 S	10 12.7	7	5
435	Hatzfeldthafen, Kaiser Wilhelmsland, Neu-Guinea. Wetterleucht.	1886—87	4 24 S	145° 14°	15	7
	Gewitter . .				9	5
436	Levuka, Fidschi-Inseln, Ovalau	1861—62	17 41 S	178° 52′	5.5	6.0
437	Perth, Westaustralien .	1880	31°57.4′S	115 52	3	1
438	Sydney	1871—75	33°51′S	151 11	2.8	4.0
439	Weasisi, Tana, Neue Hebriden	1887	19 28 S	169 23	5	5

Eine kugelblitzförmige Erscheinung, die durch Induktion entstanden ist. Am Nachmittage des 1. November 1892 schlug der Blitz zu Rom in die Kirche di S. Giovanni della Malva ein, ohne besonders grossen Schaden anzurichten. Etwa 200 *m* von der Kirche entfernt befindet sich der Palast der Accademia dei Lincei, in dem Prof. Mancini zu dieser Zeit mit Arbeiten beschäftigt war. Das heraufziehende Gewitter hatte eine solche Dunkelheit erzeugt, dass er die Arbeit unterbrechen musste und kurze Zeit unbeschäftigt am Fenster stand, den Himmel betrachtend; ein Krach und ein blendendes Licht draussen deuteten an, dass ein Blitz in der Nähe eingeschlagen habe. Fast in demselben Momente mit einem Intervalle von kaum $1/2$ Sekunde nahm Mancini deutlich wahr, dass ein Körper über und in kurzer Entfernung von seinem Kopfe sich mit starker Detonation in kleine Funken auflöste.

Mancini ist der Ansicht, dass das von ihm beobachtete Phänomen eine durch die starke elektrische Entladung in der Nähe des Fensters hervorgerufene Induktionserscheinung war; ebenso hält er

F. Süd-Amerika.

0 3	1.3	5 7	6.0	3.5	7 0	9.0	3 5	2 0	1.0	34.8
										33.1
0	1	3	1	1	5	0	2	1	0	14
3	1	10	7	7	2	4	5	3	0	42
3	3	2	1	1	0	6	5	1	5	39
6	1	6	0	1	2	2	6	5	8	46
4	3	3	0	0	5	4	4	8	0	57
6	2	2	0	2	1	4	0	4	11	52
0.3	0.0	0.3	0.3	0.0	0 0	0.0	0 0	0.0	1.0	3.9
2 5	2.5	1.5	2.0	2.0	4 0	2.0	7.0	2 5	3 5	36.5
5	0	5	0	0	1	3	5	7	3	42
3	0	2	0	1	1	1	1	0	3	30
0.6	0.6	1.8	1.9	1.2	0.9	0.7	0.8	0.4	0.5	10.3

G. Australien.

2	1	1	2	3	4	1	8	8	10	44
1	1	1	2	2	3	7	2	5	6	42
9	6	4	9	5	11	10	3	3	7	89
11	10	10	6	6	7	4	7	10	12	97
12.0	7 0	2.5	0 5	0.5	1.0	0.5	0.5	1.5	4.5	24.0
1	2	0	2	1	3	1	0	2	0	16
1.8	1.0	1 4	0.6	0.4	1.6	1.2	4 2	5.0	3.0	27.0
2	5	1	4	0	0	0	0	1	0	23.0

es für offenbar, dass es sich um ein den Kugelblitzen ähnliches Phänomen gehandelt habe. Er hebt hervor, dass über das Dach des Akademiegebäudes zahlreiche Telephondrähte hinziehen, und dass über dem Tische, an dem er stand, eine Gaslampe sich befindet, welche das Ende einer der zahlreichen Verzweigungen der Bleileitung bildet. Demnach befand sich der Körper, welcher explodierte, in einiger Entfernung von der Lampe; und die Ausbreitung der Funken um ein Zentrum schliesst noch mehr die Möglichkeit aus, dass es sich um einen Funken gehandelt habe, der zwischen der metallischen Leitung der Lampe und einem anderen Körper in der Nähe übersprang. Das Explosionsgeräusch, welches dem Knalle des Blitzes folgte, konnte sehr gut von letzterem unterschieden werden; da Mancini infolge der unerwarteten Explosion über seinem Kopfe aufgesprungen war, weiss er nicht, ob er eine elektrische Erschütterung erfahren habe oder nicht.

Die Existenz von Kugelblitzen kann nach den Experimenten Planté's nicht mehr bezweifelt werden; man darf daher vorstehende

Beobachtung als einen weiteren Beleg zu den noch immer spärlichen Beobachtungen dieser Form des Blitzes betrachten. Eine besondere Bedeutung dürfte aber dem vorliegenden Falle zukommen, weil hier zum ersten Male gesehen wurde, dass eine durch das Einschlagen eines Blitzes veranlasste Induktion die Gestalt eines Kugelblitzes annehmen kann [1]).

Die Gewitterforschung an der bayerischen meteorologischen Zentralstation seit dem Jahre 1879, ist in einem Berichte an den internationalen Meteorologenkongress anlässlich der Weltausstellung in Chicago von Franz Horn dargestellt worden. [2]) Die Ergebnisse dieser Forschungen sind nach dem erwähnten Berichte im wesentlichen folgende:

Schon im Jahre 1884 wurde als ein interessantes Ergebnis die Thatsache festgestellt, dass aufeinanderfolgende Jahre hinsichtlich ihrer Gewitter einen ganz bestimmten Charakter zeigen. Die nachfolgende Zusammenstellung giebt ein kurzes Bild von der im Laufe der Beobachtungsjahre stattgehabten Veränderung im Charakter der Gewitter.

1879: Bei west-östlichem Fortschreiten grosse Frontentwickelung, kartographisch leicht darzustellen und zu verfolgen.

1880: Zahlreiche Fälle des Fortschreitens von Ost nach West, geringere Frontentwickelung

1881: Wenig Ostgewitter, Entstehungsherde vieler Gewitter im Lande selbst nachweisbar. weitere Entwickelung gut verfolgbar.

1882: Etwas geringere Häufigkeit, verschiedene sehr ausgedehnte und charakteristisch entwickelte Gewitter

1883: Eine über das ganze Land verbreitete, sehr ausgesprochene Neigung zur Gewitterbildung, Unzahl einzelner Herde, an denen rasch nach einander immer wieder von neuem Gewitter gebildet wurden.

1884: Wieder meist massenhaft auftretende und von verschiedenen einzelnen Herden ausgehende kleine Gewitter.

1885: Ausgedehntere und über grössere Strecken hin verfolgbare Gewitter häufiger.

1886: Gleichzeitiges Auftreten vieler Gewitter bei geringerer Frontentwickelung.

1887: Gewitter mit grosser Front äusserst selten, Auftreten zahlreicher kleinerer Gewitterzüge, die aber doch wenigstens über eine Stunde verfolgbar waren.

1888: Vermehrte Anzahl kleiner Züge, verworrenes Gepräge.

1889: Charakter vom Vorjahre noch schärfer ausgesprochen, noch mehr kleine Gewitterzüge, ausserordentlich grosse Anzahl von Ostgewittern.

1890: Kleinere Gewitterzüge treten etwas zurück, häufigeres Auftreten grösserer, leicht erkennbarer Gewitterzüge, viele Wintergewitter, Zahl der Ostgewitter in Abnahme.

1891: Erratische Gewitter nehmen ab. Frontgewitter treten etwas mehr hervor. Isobronten leichter konstruierbar

Aus obigem geht hervor, dass man es mit dem Wechseln zweier vollständig verschiedener Typen von Gewitterzügen, der „Frontgewitter" und der „erratischen Gewitter", zu thun hat. Die ersteren waren zu Beginn des vorigen Dezenniums vorherrschend, die anderen in dessen zweiter

---

[1]) Naturwissenschaftl. Rundschau 1892. Nr. 5.

[2]) Beobachtungen der meteorologischen Stationen im Königr. Bayern, herausgegeben von Carl Lang und Fritz Erk. **14.** 1892.

Hälfte, während die Jahre 1883 bis 1885 mit dem verstärkten Auftreten von Gewitterherden eine Übergangsstufe darstellten. In den Jahren 1890 und 1891 ist dagegen eine deutliche, wenn auch ganz langsame Rückkehr zu den Verhältnissen vor 1886 ausgesprochen.

Bezüglich des Zusammenhanges von Gewitter und Hagel mag die Bemerkung vorangestellt werden, dass sich im Jahre 1887 bereits ergeben hat, dass die Hagelschläge zeitlich stets mit Gewittern zusammenfallen; ebenso die Thatsache, dass kein Hagelschlag ohne Gewitterentladung aufritt.

Die Gewitterhäufigkeit erfährt vom Jahre 1879—1884 eine Minderung, steigt dann sehr erheblich bis 1889, um hiernach bis zur Gegenwart wieder langsam abzunehmen. Die Hagelhäufigkeit erreicht ihr absolutes Maximum erst im Jahre 1890 (das aber gegen das Vorjahr nur unbedeutend höher ist), im übrigen gehen die beiden Kurven, welche den säkularen Verlauf beider Erscheinungen veranschaulichen, vollständig parallel.

Doch zeigt sich, dass bezüglich des Auftretens der elektrischen Vorgänge nennenswerte Unterschiede zwischen der kälteren und wärmeren Jahreszeit sich geltend machen. Sowohl der säkulare wie tägliche Verlauf der Gewitter und des Hagels ist für beide Jahreshälften ein verschiedener. und zwar zeigt sich der säkulare Gang für die Wintermonate entgegengesetzt demjenigen des ganzen Jahres und damit der übrigen Jahreszeiten.

Bezüglich der Häufigkeit speziell der Wintergewitter dürfte die grössere oder geringere Nähe der Depressionsbahnen für das Beobachtungsgebiet massgebend sein.

Die Veränderungen in der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Gewitter von Jahr zu Jahr sind derart gewesen, dass von 1879—1884/85 eine Zunahme, von da bis 1889 aber eine Abnahme stattfand, und nunmehr wieder eine Steigerung erfolgt.

Diese säkulare Schwankung findet ein Analogon in einer während dieser Zeit stattgehabten Verlagerung der Depressionsbahnen IV und V von mehr maritimer zu kontinentaler Lage und von 1884/85 wieder in die ursprüngliche Stelle zurück, um vom Jahre 1890 an dieses Wechselspiel wahrscheinlich zu wiederholen.

1879 und 1888, d. h in den 2 Jahren, die nahezu einem Minimum der Sonnenflecken entsprechen, war die Depressionsbahn IV am weitesten gegen Nord- und Ostsee, V am weitesten gegen das Mittelmeer zurückgewichen, während gleichzeitig die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Gewitter ein Minimum betrug, 1884/85, d. h. zu jener Zeit, welche auf ein Maximum der Sonnenflecken folgt, durchschnitten die Depressionsbahnen dagegen Mitteleuropa von W nach O in seinen zentraleren Lagen, und betrug gleichzeitig die Geschwindigkeit der Gewitterfortpflanzung ein Maximum.

Man gelangte damit bezüglich dieses Elementes in der Gegenwart wieder zu jenem Verhalten, welches um den Beginn der Beobachtungen bestand, so dass also, ebenso wie dem Maximum der Sonnenfleckenhäufigkeit gegen die Mitte der achtziger Jahre ein Höhepunkt der Gewittergeschwindigkeit folgte, im Jahre 1889 als dem Zeitraume geringster Sonnenfleckenhäufigkeit auch ein Minimum der besagten Geschwindigkeit entsprach, um nun vermutlich wieder mehrere Jahre lang anzusteigen.

Im jährlichen Gange der Gewitterhäufigkeit spricht sich schon bei der einfachen Trennung nach Monaten das Vorhandensein eines Doppelmaximums deutlich aus. Besser charakterisiert sich der Verlauf bei einer Scheidung nach Pentaden Hier zeigt sich, abgesehen von dem bekannten Doppelmaximum (im Juni und Juli), das letztere in 2 Teile gespalten mit einer ersten Erhebung zu Anfang des Monats und einer zweiten in der Zeit der vorletzten Pentade. Von da ist ein steiler Abfall bis zur zweiten Pentade des August zu bemerken, dann tritt noch einmal ein sekundäres Maximum um die Mitte dieses Monats auf.

Der Gang der Hagelfallhäufigkeit ist der gleiche; nur ist zu bemerken, dass sich das erste Maximum zu Ende des Frühjahrs zum absoluten gestaltet; sekundäre Erhebungen bestehen ferner im März und November, die aber auch bei den Gewittern angedeutet sind.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Gewitter ist im Winterhalbjahre eine grössere als im Sommer, und zwar nimmt sie vom Winter bis zum April und Mai, also der Zeit, da Süddeutschland vielfach unter dem Einflusse von Mittelmeerdepressionen steht, rasch ab und erreicht in diesen beiden Monaten ein Minimum. Von da ab steigt sie dann wieder langsam, nur durch eine Abnahme im September unterbrochen, bis gegen die Wintermonate hin an. Auch dieses sekundäre Minimum der Fortpflanzungsgeschwindigkeit im September fällt mit der Zeit einer grösseren Häufigkeit von Depressionen über dem Mittelmeerbecken zusammen Es sind gerade die Frühlings- und Herbstmonate, auf welche sich die aus östlicher Richtung kommenden Gewitter fast ausschliesslich beschränken.

Einer mittleren Fortpflanzungsgeschwindigkeit im Sommer von 43.3 *km* pro Stunde steht im Winter eine solche von 51.2 *km* gegenüber. (Mittelwert aus 1880—1889)

Die Zahl der Gewittermeldungen, welche auf je eine Hagelfallmeldung entfallen, ist im Sommer weitaus am grössten, in den beiden Übergangszeiten, Frühling und Herbst, ist sie nahezu gleich und beträgt ungefähr nur die Hälfte derjenigen, welche im Sommer erforderlich ist, im Winter endlich erscheint sie am kleinsten.

Man stünde also hier vor der Thatsache, dass die Wahrscheinlichkeit, dass ein Gewitter zugleich von Hagel begleitet ist, im Winter weitaus am grössten ist.

Bezüglich der geographischen Ausdehnung des Hagels scheint in den Frühlings- und Herbstmonaten die Art und Weise des Hagelfalls eine andere zu sein als im Sommer. Zu ersterer Zeit fällt der Hagel ausgedehnter, zu letzterer dichter, d. h. er verbreitet sich über eine verhältnismässig grössere Fläche als zur wärmeren Jahreszeit.

Schon in den ersten Jahren der Beobachtungen konnten im täglichen Verlaufe der Gewitterhäufigkeit 2 Maxima nachgewiesen werden, das absolute am Nachmittage und ein anderes in den frühen Morgenstunden. Das Hauptmaximum am Nachmittage, ein bis 2 Stunden nach dem Eintritte der höchsten Temperatur, glaubte man bei dem engen Zusammenhange der Gewitter- und Wärmeerscheinungen hinreichend erklärt, nicht so aber dasjenige während der Nachtstunden.

Die grösste Gewitterhäufigkeit fällt während des ganzen Jahres auf den Nachmittag Im Winter tritt sie zwischen 2—3^h p m. ein, eine Stunde früher als während der Sommermonate. Das sogenannte Frühmaximum kann alljährlich konstatiert werden, doch schwankt sein Auftreten in den einzelnen Jahren ausserordentlich (zwischen Mitternacht und 7^h a. m.). Das nachmittägige Maximum im Winter erfährt eine Zweiteilung, so dass neben dem Hauptmaximum zwischen 2—3^{hpm} ein weiteres sekundäres zwischen 4 — 5^h p. m. auftritt

Der tägliche Gang der Hagelfallhäufigkeit ist mit jenem der Gewitter identisch. Die Hagelfallswahrscheinlichkeit für die einzelnen Tagesstunden zeigt sich im Jahresmittel äusserst gering. Im Winter dagegen erreicht sie einen ziemlich beträchtlichen Wert, und in dieser Jahreszeit sind die Gewitter während der Vormittagsstunden am ehesten von Hagel begleitet.

Bezüglich des täglichen Ganges der Gewitterhäufigkeit in den einzelnen Jahreszeiten sei noch bemerkt. dass das sekundäre Maximum in der kalten Jahreszeit keineswegs zum Hauptmaximum wird, dass vielmehr dieses letztere stets auf den Nachmittag fällt. Ferner ist in beiden Jahreshälften die Zahl der elektrischen Entladungen, welche bei Tage auftreten, weitaus die überwiegende In den Sommermonaten ist das Zurücktreten der Nachtgewitter allerdings ein noch entschiedeneres.

Der tägliche Gang der Gewitterfortpflanzungsgeschwindigkeit zeigt, dass ein Maximum um Mitternacht, ein Minimum etwa um die Mittagszeit besteht.

Bezüglich der geographischen Verteilung der Gewitterhäufigkeit in Bayern findet man im allgemeinen eine Zunahme von Nord nach Süd. Die Verteilung in west-östlicher Richtung lässt zuerst eine Abnahme, dann wieder eine Mehrung von West nach Ost erkennen.

Die geographische Verteilung der Hagelfallshäufigkeit bietet das gleiche Bild wie jenes für die Gewitter.

Bei den in den letzten Jahren mit dem umfangreicheren Materiale durchgeführten Untersuchungen fiel der verfrühte Eintritt des Maximums des Hagelfalls in Baden auf. Bei einem näheren Eingehen auf diesen Umstand zeigte sich, dass überhaupt für die westlicheren Teile Süddeutschlands die grösste Hagelfallhäufigkeit früher als in den weiter nach Osten gelegenen Gebieten eintritt, und zwar schon in den Frühjahrsmonaten.

Die geographische Lage macht sich auch bei der Verteilung der Gewitter nach den einzelnen Tagesstunden geltend. Es zeigt sich, dass beim Fortschreiten von West nach Ost eine Verspätung des Eintritts der grössten Gewitterhäufigkeit gegen die Abendstunden stattfindet.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Gewitter beträgt in Süddeutschland nach zehnjährigem Durchschnitte 38.4 *km* per Stunde. Dabei nehmen die Gewitterzüge vom Main bis zu den Alpen an Geschwindigkeit ab.

Die meisten Gewitter ziehen aus W und WSW, und ist deren Zugsgeschwindigkeit grösser als die irgend einer anderen Herkunftsrichtung.

Gewisse Örtlichkeiten sind zur Gewitterbildung besonders geeignet, so dass man sie als eigentliche Gewitterherde bezeichnen kann. In den ersten Beobachtungsjahren lagen dieselben zu dieser Zeit am dichtesten am Alpenrande.

Nachdem 1881 auf den Zusammenhang zwischen der Luftdruckverteilung, Temperatur und den Gewittern hingewiesen worden war, betonte man im folgenden Jahre als für die Gewitterbildung günstig das Nachstehende:

Gewitter entstehen vorzugsweise dann, wenn bei hohen Temperaturen nur geringe Unterschiede im Luftdrucke vorhanden sind, die Verteilung desselben jedoch im einzelnen eine unregelmässige ist, so dass sich flache, lokale Depressionen, Sattellinien oder Furchen zeigen, und zugleich die herrschende Windstille die Steigerung solcher örtlichen Verschiedenheiten begünstigt.

Unter solchen Bedingungen bilden sich besonders an Stellen, welche eine starke Erwärmung begünstigen und zugleich genügend Feuchtigkeit zu liefern vermögen (Gewitterherde), einzelne Gewitterwolken, die bei mässiger Entwickelung die Entstehung örtlicher, von einem Zentrum aus nach verschiedenen Seiten allmählich, jedoch meist nur mässig an Ausdehnung gewinnender Gewitter zur Folge haben.

Entstehen viele solche Einzelgewitter gleichzeitig, so können sie sich zu einem grossen verbinden. Dasselbe hat, sofern man wesentlich jenen Raum ins Auge fasst, über welchem elektrische Entladungen gleichzeitig stattfinden, im allgemeinen die Gestalt eines schmalen Bandes, welches senkrecht auf der Fortpflanzungsrichtung des Gewitters steht. Für verschiedene Gewittertage wurden im Jahre 1880 auch die Linien gleichzeitigen letzten Donners gezogen. Betrachtet man die einem bestimmten Zeitpunkte angehörige Linie ersten und letzten Donners, so entspricht der zwischen beiden gelegene Streifen dem Gebiete, über welchem gleichzeitig elektrische Entladungen stattgefunden haben. Verschiedene, unter diesem Gesichtspunkte angestellte Untersuchungen hatten das Obige ergeben. Daran anschliessend wurden im gleichen Jahre (1882) die folgenden Bemerkungen niedergelegt:

Da die meisten Gewitter von W nach O fortschreiten, so läuft dieses Band in den meisten Fällen den Meridianen parallel, d. h. die Mehrzahl der grossen Gewitter zieht in der Form eines von N nach S verlaufenden schmalen Bandes von W nach O über das Beobachtungsgebiet hinweg

Bei Ausnahmefällen, in welchen andere Zugrichtungen eingeschlagen wurden, zeigte sich, dass es sich alsdann regelmässig um eine ungewöhnliche Lage der das betreffende Gebiet gerade beherrschenden Depressionen handelte

An dem vorderen Rande des Gewitters bestehen eigentümliche Luftdruck- und Temperaturverhältnisse.

Der Luftdruck erfährt nämlich, wenn man sich dem Rande von dem noch nicht vom Gewitter erreichten Gebiete aus nähert, eine ganz plötzliche Steigerung und die Temperatur einen ebenso schroffen Abfall.

Der vordere Rand des Gewitters scheidet also ein Gebiet höheren Druckes scharf von einem solchen niedrigen Druckes und ebenso ein Gebiet niedriger Temperatur von einem solchen mit höherer.

Diese eigenartige Luftdruckverteilung, bei welcher man es mit einem stufenartigen Abfalle oder mit einem Steilrande zu thun hat, dürfte auch die Abweichung von dem Buys-Ballot'schen Gesetze erklären, wonach bei meridionalem Verlaufe dieses Steilrandes der Wind der Richtung grössten Gefälles folgt.

In den Beobachtungen von 1880 wurde bemerkt, dass man bei den im genannten Jahre ziemlich häufigen Gewittern mit ost-westlicher Zugrichtung jederzeit das Vorhandensein einer Depression südlich oder südöstlich vom Beobachtungsgebiete nachweisen konnte. Dies führte dann im Zusammenhalte mit den übrigen Ergebnissen der Untersuchungen über Gewitter im Jahre 1884 zur Aufstellung nachstehender Sätze:

Die Gewitter, sofern sie nicht Begleiter heftiger Cyklonen sind, was hier selten, entstehen, wenn bei ruhiger Luft lokal bedeutende Temperaturdifferenzen und damit lokale barometrische Depressionen auftreten, die sich an den nur von 5 zu 5 *mm* gezogenen Isobaren meist nur als unregelmässige Aus- und Einbiegungen bemerkbar machen, die jedoch bei mehr ins Einzelne gehenden Isobarenkarten auch deutliche Zentren erkennen lassen. Diese kleinen Depressionen erscheinen meistens nur als Teile oder Ausläufer grosser Depressionsgebiete, die aber so flach sind, dass sie an der Erdoberfläche keinen bemerkenswerten Wind hervorrufen.

Die Fortpflanzung der Gewitter erfolgt jedoch im allgemeinen ohne Rücksicht auf die die Teildepressionen umkreisenden Winde in jenem Sinne, wie es der wohl nur in etwas höheren Regionen bemerkbare Wind der grossen Depression verlangt, d. h. die Gewitter schreiten von W nach O weiter, sowie die kleinen Depressionen als Teile einer im Norden gelegenen grösseren zu betrachten sind, sie schreiten von O nach W weiter, sowie sie einem Depressionsgebiete angehören, dessen Zentrum im Süden liegt. Der letztere Fall ist verhältnismässig selten.

Für die hauptsächlich zu Anfang des vorigen Dezenniums auftretenden grossen Gewitterzüge gilt wohl die Behauptung, dass ihre Fortpflanzungsrichtung gleichsam nur auf die Hauptdepression Bezug nimmt. Nicht ganz so verhält es sich jedoch bei dem Erscheinen der zahlreichen, lokal beschränkten elektrischen Entladungen. Dieselben verdanken ihre Entstehung kleinen Luftwirbeln, von welchen gleichzeitig mehrere über dem eigentlich doch nur mässig grossen Beobachtungsgebiete nachgewiesen werden konnten. Die einzelnen Gewitterzüge gruppierten sich dann um die ihnen nächstliegende oder zugehörige Teildepression und umkreisten sie im Sinne des Buys-Ballot'schen Gesetzes. Bereits im Jahre 1886 wurde in einigen hervorragenden Beispielen auf den eben besprochenen Umstand aufmerksam gemacht. Im besonderen bot aber neben anderen Jahrgängen vorzugsweise das Jahr 1889 Gelegenheit, den engen Zusammenhang zwischen den Luftdruckminimis und den Gewittern zu studieren.

Es wurde darauf hingewiesen, dass in dem früher aufgefassten Sinne ein Unterschied zwischen Wirbel- und Wärmegewittern nicht vorhanden sei. Gerade wie erstere im Gefolge eines grösseren Gebietes niederen Druckes, einer ausgedehnteren Depression auftreten, ebenso sind, in der gleichen Weise, letztere an Wirbelerscheinungen (kleine Teilminima) gebunden.

Der innigen Beziehung der Temperatur und der Gewitter geschah bereits zu Beginn der Beobachtungen Erwähnung. Ein Vergleich des jährlichen Ganges der Gewittererscheinungen mit jenem der Temperatur lässt eine auffallende Übereinstimmung in dem Verlaufe beider Kurven erkennen. Jedem Ansteigen der Temperatur entspricht eine Zunahme der Gewitter, jedem Kälterückfalle eine Abnahme derselben.

Bei der Erwähnung der die Gewitterbildung begünstigenden Umstände wurde auch der Notwendigkeit einer genügenden Feuchtigkeitsmenge gedacht. Es wurde ausgesprochen, dass von der Spannung des in der Luft enthaltenen Wasserdampfes, d. h. des Dunstdruckes, die Gewitterbildung ganz besonders abhängig zu sein scheint Bei den Untersuchungen einzelner Gewittertage tritt denn auch der kausale Zusammenhang zwischen den Gewittern und der räumlichen Verteilung der absoluten Feuchtigkeit deutlich hervor. Dieselben entstehen in einem Maximum der absoluten Feuchtigkeit, bewegen sich innerhalb desselben fort und weichen einem Maximum entschieden aus. Das Auftreten eines von elektrischen Ladungen vollständig unberührten geographischen Bezirkes an einem gewitterreichen Tage deckt sich in der Regel mit einem Gebiete geringer Tension. Die Gestaltung der Isohygren lässt deutlich einen Einfluss auf die Isobronten erkennen. Man sieht, dass die Gewitterfront gegen ein Maximum der absoluten Feuchtigkeit oft einen sehr energischen Vorstoss macht, während ein Minimum ein Zurückbleiben derselben veranlasst; ja stellenweise zeigen sich in demselben die Isobronten ganz unterbrochen, ein deutlicher Beweis dafür, dass auch trotz hoher Temperatur ein geringer Feuchtigkeitsgehalt der Luft dem Zustandekommen elektrischer Entladungen ein wesentliches Hindernis entgegensetzt.

Bezüglich der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Gewitter sei noch bemerkt, dass dieselben um so rascher ziehen, je beträchtlicher die Frontentwickelung ist.

Über die Art und Weise der Fortpflanzung des Gewittersturmes gewinnt man ein Bild, wenn sämtliche Punkte, an welchen die Böe zu der nämlichen Zeit eintrat, durch Linien verbunden werden, welche man kurzweg als Sturmlinien bezeichnen kann. Dieselben zeigen eine von den Isobronten etwas verschiedene Gestalt; obgleich sie im grossen und ganzen die gleiche Richtung wie diese besitzen, verlaufen letztere doch weniger unregelmässig; auch weicht die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Böe in den einzelnen Phasen der ganzen Gewittererscheinung von derjenigen der Isobronten etwas ab, zum Teile laufen die Sturmlinien vor den Isobronten her, zum Teile bleiben sie hinter denselben zurück; einerseits bricht also der Sturm vor dem Gewitter los, anderseits kurz nach Beginn desselben. Diese Unterschiede dürften wohl darin begründet sein, dass die Fortbewegung der beiden Erscheinungen, obgleich sie im ganzen mit einer Depression in Verbindung stehen, im einzelnen von verschiedenen Ursachen abhängig ist: auf die Entwickelung der Gewitter, auf die oft ausgebuchtete und gewundene Form der Isobronten sind wohl wesentlich lokale Verschiebungen in der Verteilung der absoluten Feuchtigkeit von Einfluss; bei der Bewegung der Luft dagegen, wie sie hier an der Erdoberfläche beobachtet wird, macht sich doch in starkem Masse die Gestaltung der letzteren geltend.

Bezüglich des Wetterleuchtens bestätigten die Untersuchungen sehr bald die Anschauung, dass man es beim Wetterleuchten eben nur mit dem Wiederscheine ferner Blitze, bezw. Gewitter zu thun habe.

Über die Beziehungen zwischen dem Hagelfalle und den Gewittern sei noch folgendes hervorgehoben:

Ein Charakteristikum der elektrischen Entladungen, welche von starken Hagelfällen und Regengüssen, bezw. Wolkenbrüchen begleitet sind, ist die Thatsache, dass die Gewitter rasch auf einander folgen, wobei ein später entstandenes des öfteren seinen Vorgänger überholt. Man hätte es also hier, bei dem Auftreten von Hagelfällen, mit 2 Luftströmungen von verschiedener Geschwindigkeit zu thun, welche sich teils in derselben Bahn fortbewegen können, teils auch in ihren Richtungen sich kreuzen.

Diese Sätze wurden 1887 ausgesprochen, und dieselben können nach den zahlreichen Untersuchungen der folgenden Jahre dahin ergänzt werden, dass bei jedem Hagelfalle mindestens 2 Gewitterzüge nachgewiesen werden können. Schon seit mehreren Jahren wurde gerade auf diesen Punkt ein besonderes Augenmerk gerichtet, und es fand sich zu jeder Zeit diese Thatsache bestätigt Man kann sogar aus jeder einzelnen Hagelmeldung, welche man von irgend einer Station erhält, mit Sicherheit schliessen, dass dann über die betreffende Gegend mindestens zwei Gewitter hinweggezogen waren.

Der Hagelfall tritt nach dem Ausbruche des Gewitters ein, d. h. nach dem Zeitpunkte, an welchem der erste Donner vernommen wurde.

Weder Gewässer, und zwar Flüsse wie Seen, noch auch Waldflächen bilden einen Schutz gegen Hagelfälle. Es lässt sich erkennen, dass der Hagel nicht etwa bloss an Waldrändern oder über Parzellen auftritt, sondern dass auch zentral gelegene Waldpartien verhagelt werden.

Schliesslich wurden auch Flächen gleichzeitigen Hagelschlags dargestellt. Ihre verschiedene Gestalt, die Einschnürung und Erweiterung derselben stimmt mit der Form der zugehörigen Flächen gleichzeitigen Donners überein Nun ist klar, dass über derjenigen Gegend, wo diese Flächen breiter sind, mehr Hagel gefallen ist als dort, wo sie sich sehr einengen: der erwähnte Umstand über das Verhalten der beiden Flächensysteme lässt daher den Schluss zu, dass hier ein Zusammenhang zwischen der Hagelfallsintensität und der elektrischen Intensität vorhanden ist. Ferner ist die Wahrnehmung zu konstatieren, dass in den einzelnen Phasen des Gewitterzuges eine Einschnürung der Streifen einem wesentlichen Anwachsen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit und umgekehrt entspricht. Diese Thatsache ist auch wohl in Einklang mit der bekannten zu bringen, dass ein Maximum der Gewitterfortpflanzungsgeschwindigkeit mit einem Minimum der Hagelfallhäufigkeit zusammenfällt

Noch sei einer Untersuchung über säkulare Schwankungen der Blitz- und Hagelgefahr gedacht.

Hiernach fallen Maxima der Sonnenflecken mit geringer Häufigkeit verheerender Blitze und Hagelschläge zusammen.

Die Hagelgefahr lässt zwar durch die grosse Anzahl von Koïnzidenzen einen Zusammenhang mit der Sonnenfleckenhäufigkeit als sehr wahrscheinlich erkennen, ihr abgerundeter säkularer Gang weist aber auf den noch mächtigeren Einfluss der Temperatur hin, so dass die Hagelhäufigkeit neben dem durchschnittlich alle 11 Jahre mit dem Sonnenfleckenmaximum gleichzeitig auftretenden Minimum noch eine durchschnittlich rund 35 Jahre umfassende Periode aufweist.

Die Blitzgefahr hingegen lässt letztbenannten Einfluss des langjährigen Temperaturganges nicht erkennen, sondern ebenso, wie mit der kleineren elfjährigen Sonnenfleckenperiode, scheint sie auch mit der grossen Fleckenperiode im Zusammenhange zu stehen.

Mit anderen Worten: Die Hagelgefahr scheint entschiedener auf den terrestrischen, die Blitzgefahr mehr auf den kosmischen Einfluss zu reagieren."

20. Optische Erscheinungen der Erdatmosphäre.

Die Farbe des Himmels und das Mondlicht[1]). Der Unterschied zwischen dem Anblicke, den der Himmel bei Vollmond gewährt, und dem klaren tiefen Blau in einer mondlosen Nacht ist von Clemens Royer in seinen „Recherches d'Optique Physiologique et Physique“ auf Grund einiger Beobachtungen von Piltschikoff aufgeklärt worden. Beim Studium der polarisierenden Wirkung des Mondlichtes in der Atmosphäre fand der letztere, dass das Verhältnis des polarisierten Lichtes des nächtlichen Himmels sich kontinuierlich vermindert von der Zeit des Vollmondes bis zum Neumonde, um diese Zeit Null wird und dann wieder wächst bis zur Zeit des Vollmondes. Es scheint also ein Widerstreit zu sein zwischen dem polarisierten Mondlichte und dem sogenannten natürlichen Lichte der Sterne, und das Verhältnis des polarisierten Lichtes erreicht manchmal 62 %. Die zerstreuende Kraft der Atmosphäre variiert also notwendigerweise mit dem relativen Verhältnisse von natürlichem und polarisiertem Lichte, da das letztere nicht nach allen Richtungen reflektiert werden kann. Wir ersehen daraus, warum sehr heitere aber mondlose Nächte verhältnismässig klar sind, und der Himmel ein tiefes Blau besitzt, während das weisse Mondlicht reflektiert, zerstreut und polarisiert dem Himmel eine weissliche oder ins Graue gehende Farbe verleiht.

21. Klimatologie.

Die klimatischen Grundgleichungen des Königreichs Sachsen Prof. Schreiber hat die in Sachsen von 1864—1890 angestellten Beobachtungen genauer untersucht und bei fast allen meteorologischen Elementen eine mit der Höhe nahezu proportionale Änderung gefunden [2]). Infolge dessen hat er zur Erlangung einfacher Darstellung des grossen Zahlenmateriales eine Berechnung der Beobachtungen nach folgender linearen Formel durchgeführt: $y = a + b.h.$ In derselben, die er als Grundgleichung bezeichnet, ist a der Grundwert, b der Höhenfaktor, h die Höhe in Hektometern. Es ergab sich im einzelnen folgendes:

1. Temperatur. Gesamtmittel des Jahres: $a = 9.3^{0}$ C, $b = -0.57^{0}$ C. 2^{h} p. m.: $a = 12.6^{0}$, $b = -0.66^{0}$; Minima: $a = -5.5^{0}$, $b = -0.58^{0}$.

Der Anstieg der Temperatur von 6^{a} bis 2^{p} fand sich in grösseren Höhen entschieden kleiner als in den Niederungen. Der Unterschied ist so beträchtlich, dass er klimatisch zweifellos stark hervortritt. Die Abnahme der Temperatur von 2^{p} bis 10^{p} ist in der warmen Jahreszeit in allen Höhen fast gleich. Während der Monate der kälteren Jahreszeit findet in den Höhen nachmittags eine geringere Abkühlung statt als in den Niederungen, namentlich treten Oktober und November in dieser Beziehung auffällig hervor.

---

[1]) Nature 47. p 325. Meteorol. Zeitschrift 1893. p. 120.
[2]) Meteorol. Zeitschrift 1893. p. 361.

„Interessant sind die Formeln für die Zeit von 10^{p} bis 6^{a}. Sie lehren, dass in den Niederungen die Temperatur 6^{a} tiefer ist als 10^{p}. Mit zunehmender Höhe wird diese Differenz immer kleiner und verschwindet in gewissen Höhen, die allerdings verschieden je nach der Jahreszeit sind. Vom Mai bis zum August liegen diese Höhen unter 1200 *m*, und zwar gehen sie bis zu 610 *m* herab. In Höhen darüber hinaus wird die Temperaturdifferenz 6^{a}—10^{p} positiv, so dass die Temperatur um 6^{a} nicht tiefer, sondern höher als diejenige um 10^{p} ist."

2. Dunstspannung. Die Erscheinung ist so kompliziert, und die mittleren Fehler, die an den Zahlenwerten haften, sind so gross, dass sichere Gesetze noch nicht abzuleiten sind.

3. Relative Feuchtigkeit. Die Berechnung der Beobachtungen lässt erkennen, dass die relative Feuchtigkeit nahezu um 1% grösser wird für je 100 *m* Erhebung.

4. Bewölkung. Auch hier findet sich eine kleine Zunahme mit der Höhe, doch ist ihr Faktor sehr unsicher bestimmbar.

5. Niederschlagsmengen. Die Grundgleichungen ergeben pro Jahr in Millimetern für den Niederschlag überhaupt: a = 500, b = + 53.7, für Regen allein: a = 500, b = + 20.6, für Schnee allein: a = 1, b = + 33.1

Die in Vorstehendem mitgeteilten Grundgleichungen wurden aus den Beobachtungen von je 15 Stationen erhalten. Die starke Vermehrung der Stationen seit Beginn des vorigen Dezenniums machte es Prof. Schreiber wünschenswert, Ableitungen einer grösseren Zahl Stationen für das Lustrum 1886—1890 zu erhalten. Es fand sich u. a. für die Niederschlagsmengen (117 Stationen) und das Jahr: a = 567, b = + 49.3, für Regen allein a = 531, b = + 21.3, für Schnee allein a = 36, b = + 28.0. Für die Häufigkeit des gesamten Niederschlages (91 Stationen): Zahl der Tage im Jahre: a = 170.6, b = + 3.59. Häufigkeit von Schnee und Graupeln (102 Stationen): a = + 34.3, b = + 5.35.

	a	b (Jahr)
Tau (70 Stationen)	104.2	— 3.36
Reif (75 Stationen)	35.8	— 0.74
Nebel (66 Stationen)	48.5	+ 6.32
Rauhfrost (84 Stationen)	0.5	+ 3.37
Nachtfrost (82 Stationen)	93.2	+ 7.70
Dauer der Schneedecke (73 Stationen) .	43.2	+11.93

Die Niederschlagsverhältnisse in der Kordillere von Bogotá schildert Alfred Hettner[1]). Diese Kordillere gehört zwei verschiedenen, wenn auch ähnlichen Wind- und Regengebieten, nämlich dem äquatorialen und dem tropischen Gebiete an.

Als äquatoriales Regengebiet kann man das Gebiet mit zwei Regenzeiten bezeichnen, die den beiden Zenithständen der Sonne folgen und durch 2 Trockenzeiten voneinander getrennt werden.

[1]) Petermann's Mitt. Ergänzungsheft Nr. 104.

Etwa die Monate März bis Mai und September bis November sind Regenzeit (Invierno), die Monate Dezember bis Februar und Juni bis August Trockenzeit (Verano). Je weiter wir nördlich kommen, umsoweniger fallen die beiden Zenithstände zeitlich auseinander, daher verschieben sich auch die beiden Regenzeiten immer mehr in die Zeit des nordhemisphärischen Sommers und verschmelzen miteinander oder werden doch nur noch durch eine kurze Pause getrennt, die man als den kleinen Johannisommer (Veranito de San Juan) bezeichnet, während die andere Trockenzeit umgekehrt an Ausdehnung gewinnt. Auf das äquatoriale Gebiet mit 2 Regen- und 2 Trockenzeiten folgt nordwärts also das nördliche, tropische Regengebiet mit 1 Regenzeit und 1 Trockenzeit; die Regen beginnen etwa im April, erreichen im Juni und Juli ihren Höhepunkt, jedoch fast immer durch eine Pause um Johanni unterbrochen, lassen im August und September etwas nach und verstärken sich im Oktober abermals, um im November ihr Ende zu erreichen.

In reiner Ausbildung treten diese Verhältnisse nur in den Ebenen am Fusse des Gebirges und in dessen unteren Teilen auf, während in den höheren Teilen viele örtliche Niederschläge mit anderen Bedingungen hinzukommen. Aber auch zwischen der Westseite und der Ostseite besteht ein grosser Gegensatz. Im Westen zeigt das Tiefland des oberen und mittleren Magdalenenstromes etwa bis 8° nördl. Br. äquatoriale Regenverteilung, während im Tieflande des unteren Magdalenenstromes, das sich von hier bis zur Küste ausdehnt, die Monate April oder Mai bis Oktober oder November als die Regenzeit bezeichnet werden, und in den übrigen Monaten der Passat mit trockenem Winde herrscht. Auf der Ostseite liegt die Grenze der beiden Regengebiete viel weiter südlich und wird ungefähr durch eine Linie gebildet, die unter 3° nördl. Br. am Fusse des Gebirges beginnt und von da nach OSO verläuft. Die Ursache dieses südlicheren Vordringens der tropischen Regenverteilung gegenüber der äquatorialen liegt in der Breite der Tiefebene zwischen der Kordillere und dem Berglande von Guyana, die dem Passate freien Raum zur Entfaltung gewährt.

Der westliche Teil des Gebirges schliesst sich an die westliche, der östliche Teil an die östliche Ebene an, und die Wetterscheide verläuft ungefähr auf der Linie der grössten Erhebungen, fällt also im ganzen mit der Wasserscheide zusammen. Jedoch greifen in den Monaten Juni bis August Nebel und leichte Regen von der Ostseite auf die Westseite des Kammes über, wo sie als Paramitos bezeichnet werden und wegen ihres nordischen Charakters nicht gerade beliebt sind. Von Dezember bis Februar herrscht im ganzen Gebirge schönes Wetter, im März aber setzen auf der Westseite Regen ein, während sie auf der Ostseite erst Mitte April beginnen. In der zweiten Hälfte des April und im Mai regnet es überall, im Juni und Juli dagegen ist auf der Westseite, von den Paramitos der Grenzzone abgesehen, wieder schönes Wetter, während auf der Ostseite die Regenzeit gerade

am stärksten ist. Im August und September lässt hier der Regen etwas nach, hört aber erst im November ganz auf, und auch im Westen setzt im September der Regen von neuem ein, um bis zum Dezember anzudauern. Man darf aber nicht etwa denken, dass diese Witterungswechsel ein Jahr wie das andere mit der Regelmässigkeit einer Uhr vor sich gingen; die verschiedenen Jahrgänge zeigen vielmehr auch in den Tropen recht bedeutende Unterschiede.

Niederschläge des Gebirges. Im Gebirge selbst und besonders in seinen höheren Teilen kommen diese allgemeinen Niederschläge nicht ausschliesslich und nicht ungestört zur Geltung. Die aufsteigenden Tagwinde bringen die Feuchtigkeit des heissen Tieflandes mit sich und verdichten sie beim Aufsteigen zu Nebel und leisem Regen, die absteigenden Nachtwinde dagegen treiben die Nebel thalab und wirken im allgemeinen aufheiternd. Sehr schön stellt sich der Vorgang dar, wenn man von einem hohen Punkte aus in das Tiefland des Magdalenenstromes hinabschaut. Man sieht dann, wie sich am Morgen zuerst eine dicke Wolkendecke über dem grossen Thale bildet, und wie sie sich ganz allmählich hebt, bis sie ungefähr um 9^h die Kämme einhüllt, während der untere Teil der Hänge jetzt entblösst ist. In den höheren Teilen der äusseren Hänge, besonders an den oberen Enden steiler Thäler, sind nur die Morgen schön; dann sieht man plötzlich, wie Nebel von unten heraufdringt, und bald ist man rings von Nebel eingehüllt, der nun den ganzen Tag anhält, so dass Sonnenschein um Mittag zu den seltensten Ereignissen gehört. Erst gegen oder nach Sonnenuntergang hellt sich das Wetter wieder auf; ist der Nebel aber sehr dick, so kann ihn die nächtliche Abkühlung zu Regen verdichten.

Charakteristik der verschiedenen Arten von Niederschlägen. Das Gebirge hat zwei verschiedene Klassen von Regen. Die einen sind die allgemeinen Niederschläge, die ihre Ursache in der allgemeinen aufsteigenden Luftbewegung der Gebiete zenithalen Sonnenstandes haben; die anderen sind die Niederschläge, die durch den Temperaturgegensatz des heissen Tieflandes und des kühlen Gebirgslandes hervorgerufen werden. Bei diesen geschieht die Verdichtung des Wasserdampfes beim Aufsteigen am Abhange entlang; es bilden sich Nebel, die auf dem Boden ausruhen; auch der Regen kommt nur aus geringer Höhe und kann daher nur ein feiner Nieselregen sein, der aber, wie unser Landregen, tagelang anhalten mag; herrscht der Nebel besonders am Tage, so wird der Regen häufig durch die nächtliche Abkühlung bewirkt.

Die Stärke der allgemeinen, eigentlich tropischen Niederschläge scheint in der Regel mit der Höhe abzunehmen. Auf den Hochebenen sind sie allerdings, wohl durch die örtlichen Umstände begünstigt, noch recht bedeutend, aber auf den Paramos sind heftige Platzregen selten. Die Niederschläge der Thalwinde sind umgekehrt in den höheren Teilen im allgemeinen häufiger und sind wohl zwischen 1500 und 3000 *m* über dem Meere am stärksten. Sie sind auf

die äusseren Hänge beschränkt, wo ein direktes Aufsteigen der Luft aus dem heissen Tieflande stattfindet; dagegen kommen in den inneren Thälern diese Winde abgeregnet an und bringen nur noch den höher aufragenden Kämmen Niederschläge; man kann oft deutlich sehen, wie sie vom Kamme aus als Wolken horizontal weiterziehen, ohne Feuchtigkeit zu spenden, und sich allmählich auflösen. Darum ist der Wald an den äusseren Hängen besonders üppig, aber umgekehrt übt auch der Wald eine entschiedene Wirkung auf die Niederschläge aus.

Einfluss des Waldes. Es ist zunächst zweifellos, dass eine nahe Beziehung zwischen den Niederschlagsverhältnissen und der Verbreitung des Waldes besteht. Unzählige Male hat Verf. bemerken können, wie der waldbedeckte Teil eines Abhanges in Wolken gehüllt war, während über dem Gebüsche und Kulturlande sich blauer Himmel wölbte, und die Sonne schien. Der Eintritt in den Wald brachte gar häufig auch Regen, während ihn beim Austritte heiteres Wetter begrüsste. Anfangs glaubte er, der damaligen Schulmeinung folgend, dieser Gegensatz sei natürlich gegeben, die Wolken seien durch meteorologische Gesetze an die höheren Regionen gebunden und hätten dort üppigen Waldwuchs erzeugt, während in den tieferen Regionen nur Gebüsch fortzukommen vermöchte. Der Botaniker F. A. Lehmann, den er in Bogotá traf, war anderer Meinung, und als er seine Reisen auf Gebiete ausdehnte, in denen menschliche Ansiedelungen noch selten sind oder fehlen, und sah, wie der Wald hier den ganzen Abhang überkleidet, und wie auch die Wolken tiefer herabreichen und weniger scharf abgeschnitten erscheinen, konnte auch er sich der Einsicht nicht länger verschliessen, dass der Gegensatz grösstenteils nicht von der Natur gegeben, sondern vom Menschen geschaffen ist, dass der Mensch mit der Pflanzendecke auch den Witterungscharakter in gewissem Grade verändert hat. Der Einfluss des Waldes auf die Schattentemperatur mag allerdings, namentlich im Tagesmittel, gering sein, aber er mindert die Sonnenstrahlung, die so wesentlich zur Auflösung des Nebels beiträgt, und ist darum der Nebelbildung günstig, in dem Grade, dass ausgedehnte Waldgebiete, wie die des mittleren Magdalenenstromes und des Maracaibotieflandes, auch ohne Ansteigen des Bodens Nebelbildung hervorrufen können[1]).

Das Wüstenklima von Kalifornien. Im Sommer 1891 (1. April bis 30. September) war in dem sogenannten Todesthale in Kalifornien eine meteorologische Station 1. Ordnung eingerichtet, deren Beobachtungsergebnisse von Prof. W. Harrington mitgeteilt sind. Prof. Hann giebt daraus einen das wesentliche umfassenden Auszug[1]) dem nachstehendes entnommen ist.

„Die Gegend, das „Todesthal“ (Death Valley) in Kalifornien, ist höchst merkwürdig sowohl in betreff der orographischen als auch

[1]) Meteorol. Zeitschrift Februar 1893. p. 64 u. ff.

in betreff der klimatischen Verhältnisse. Der nördliche Teil der „Mohave Wüste“ reicht hinein in enge Thäler, die von gewaltigen Gebirgsketten begrenzt werden, die nahe in Nord-Südrichtung verlaufen. Diese Thäler sind ungewöhnlich flach, doch einige davon werden charakterisiert durch grosse Tiefe. Das bemerkenswerteste derselben ist das „Todesthal“, dessen Boden unter das Meeresniveau hinabreichen soll, obgleich es circa 200 engl. Meilen (322 *km*) von dem pacifischen Ozeane entfernt und von demselben durch die hohe Gebirgskette der Sierra Nevada getrennt ist. Das Thal soll seinen Namen tragen von dem traurigen Geschicke einer Partie von Einwanderern, die dort etwa um 1850 verdurstet sind.

Death Valley liegt zwischen den phantastisch gefärbten Funeral- und Amargosaketten im Osten, die 1500 bis 1800 *m* Höhe erreichen, und den Panamint Mountains im Westen, 2400 bis 2700 *m* hoch, die in dem Telescop Peak mit circa 3230 *m* kulminieren. Das Thal hat keinen Abfluss, indem es auch im Süden durch einen ca. 600 *m* hohen Rücken abgeschlossen wird. Der südliche Teil des Thales ist nahezu eben und führt den Namen Death Valley. Es liegt zwischen 35° 40′ und 36° 35′ nördl. Br. und 116° 15′ und 117° 5′ westl. L. v. Gr., ist 75 miles (120 *km*) lang, 20—25 miles (32—40 *km*) von Kamm zu Kamm breit, der Boden aber nur 12—15 miles (20—24 *km*); in der Gegend der meteorologischen Station ist das Thal nur 10 *km* breit. Das Thal selbst war früher jedenfalls von einem Bittersee eingenommen. An der Ostseite verläuft noch eine lange schmale Rinne von glänzend weissem Salze mit Boraxablagerungen an manchen Stellen. Die Salzkruste ist gewöhnlich dünn, trägt aber an einigen Stellen selbst Wagen. Andere Teile des Thales werden von Salzsümpfen eingenommen, andere von Flugsand oder aschenartiger Erde, gemischt mit zähem Lehme. Im Süden mündet in das Thal der lange Amargosafluss, der aber fast ganz versickert, bis er das Thal erreicht. Furnace Creek fliesst in das Thal nahe dessen nordöstlicher Ecke aus einem Cañon der Funeral Mountains kommend. In nassen Zeiten wird das Thal wohl zuweilen von einem seichten See eingenommen. Die Vegetation ist äusserst spärlich, am westlichen Rande finden sich Gruppen von Mesquitebäumen, ausserdem giebt es Kaktus und einiges Buschwerk. In der Nähe der Mündung des Furnace Creek hat die Pacific Borax Company 30 Acker Land eingezäunt und bewässert. Das Land ist sehr fruchtbar und giebt jährlich 6—7 Ernten von Alfalfagras. Einige Baumwollstauden und Feigenbäume gedeihen gleichfalls, letztere liefern gute, aber kleine Früchte.

Aus barometrischen Beobachtungen hat man geschlossen, dass das Thal bis zu 50 *m* unter dem Meeresspiegel liegen soll.

Die meteorologische Station befand sich in einem Gebäude der Borax-Company an der Ostseite und nahe dem nördlichen Ende des

---

[1]) Meteorol. Zeitschrift 1893. p. 19 u. ff.

eigentlichen Death Valley, am Fusse der Funeral Mountains etwa 3 *km* nordwestlich von der Mündung des Furnace Creek, beiläufig unter 36° 28′ nördl. Breite und 116° 51′ westl. L. v. Gr. Der Boden der Station bestand aus weissem Triebsande, war gänzlich vegetationslos, einige Mesquitebüsche ausgenommen.

Der Barometerstand zeigte in Death Valley keine Beziehungen zur Witterung, die heissesten wie die kühlsten Perioden fielen mit relativ hohem Barometerstande zusammen. Desgleichen zeigte der Wind keine Beziehung zum Luftdrucke. Es regnete aber zumeist bei hohem Barometerstande.

Die Regen waren zumeist Gewitterregen, Begleiter von „Wärmegewittern“, sie traten meist abends oder morgens ein. Entfernte Gewitter und Wetterleuchten waren häufig. Das Gewitter vom Morgen des 16. August lieferte 13 *mm* Regen, der zumeist innerhalb 30 Minuten fiel. Auf den westlichen Bergen muss der Regen viel heftiger gewesen sein, denn man hörte deutlich das Rauschen der Giessbäche in den Cañons in ca. 10 *km* Entfernung. Bei dem Gewitter vom 27. Juli fiel die Temperatur von 41.7° auf 30.6°, der Regenfall war gering, die Regentropfen aber sehr gross und sehr kalt.

Sandstürme wurden öfter beobachtet. Stürme überhaupt waren häufig. Sie kamen im allgemeinen von Süden jeden 3. oder 4. Tag und waren deutlich Tagphänomene, dauerten selten länger als 7 Stunden und hörten um Mitternacht auf. Die mittlere Geschwindigkeit derselben war $13^1/_2$ *m* pro Sekunde, das Maximum war 22.8 *m*. Einige von diesen Südstürmen werden von den Beobachtern als „heisse Winde“ bezeichnet. Jener am 17. Juni begann um $10^h\ 40^m$ a. m. und lullte um 6^p ein. Es war ein kontinuierlicher Glutwind mit einem Temperaturmaximum von 44.8° C. Der Himmel war teilweise mit Cirrus bedeckt, später kamen dunkle Stratuswolken von NW. Bei dem heissen Winde am 4. August war es ganz heiter, Temperaturmaximum 45.6°, Windstärke Maximum 21.5 *m*. Zahlreiche Staubtromben waren dabei zu sehen.

Die Temperaturregistrierungen zeigen während der Nachtzeit öfter Temperaturwellen, ein Steigen und Fallen um 2—3° C.; besonders während Hitzeperioden treten öfter 3—5 Wellen in einer Nacht auf.

Bei dem tornadoartigen Sturme am 25. Juli sank die Temperatur um 11.4° in 17 Minuten während eines heftigen Windstosses von 26.8 *m* Geschwindigkeit. Die Barographenkurve zeigte ein plötzliches Steigen, und zwar um mehr als 6 *mm* innerhalb 2 Stunden, dann fiel der Druck wieder langsam. Im allgemeinen sind die Gewitterstürme gewöhnlich von einem plötzlichen Steigen des Barometers begleitet, und der Luftdruck bleibt dann auch nachher etwas höher als vordem. Gelegentlich treten diese Barometersprünge auch auf, ohne dass sich am Beobachtungsorte selbst etwas besonderes ereignet hätte.

Die folgende kleine Tabelle giebt eine Übersicht über die Beobachtungsergebnisse:

Death Valley, Kalifornien, Furnace Creek.

36° 28′ nördl. Br., 116° 51′ westl. L. von Gr., ca. Meeresniveau.

	Luftdruck in *mm*			Temperatur Celsius					
	Mittel	Tägl. Schwank. period.	unperiod.	Mittl. tägl. Extreme		Diff.	24stünd. Mittel	Absolute Extreme	
Mai	762.0	4.4	4.8	36.1	21.1	15 0	29.3	40.6	12.2
Juni . . .	59.2	4.8	5.6	41.1	25.0	16,1	33.4	50.0	15.6
Juli . . .	59.9	4.9	5.6	46.7	30.6	16.1	38.9	50.0	22 2
August . .	61 0	4 9	5.3	46.1	28.3	17.8	38.2	50.0	22.8
September .	62.2	4.7	5,6	40.0	24 4	15.6	32.3	48 3	14.4

	Relative Feuchtigkeit in Prozenten Mittel	Bewölkung Mittel	Regen Summe	Tage	Windgeschw. Meter pr. Sekunde
Mai	26	3.6	4.6	2	4.4
Juni . . .	20	3.0	1.3	1	4.7
Juli	20	3.1	9.4	3	4.1
August . .	21	2.5	15.2	1	4.0
September .	27	2.8	5.1	2	5.0

Die hauptsächlichsten Eigentümlichkeiten des Klimas von Death Valley sind demnach exzessive Hitze und Trockenheit. Die Luft ist nicht stagnierend, sondern stark bewegt, die oftmals auftretenden Winde aus Süden steigern aber nur die Hitze. Regen fällt häufig in den Bergen, zuweilen auch im Thale. Tiere und Pflanzen finden sich selten, die ersteren sind hauptsächlich Nachttiere, die der Hitze weniger ausgesetzt sind. Hitze und Trockenheit werden gesteigert durch den Charakter des Thales. Es ist eng und tief, wahrscheinlich das Bett eines alten Sees, umgeben von hohen dürren Bergwänden. Der weisse treibende Sand erhitzt sich am Nachmittage stark; der Rest des Bodens ist salzhaltig.

Nach glaubhaften Berichten ist die Temperatur im Schatten schon auf 54 ja auf 58° C. gestiegen; Menschen, die sich der Sommersonne ausgesetzt haben, sind nicht selten wahnsinnig geworden. Alle hölzernen Gefässe werfen sich und springen.

Den schrecklichsten Anblick in diesem Thale bieten die Wolkenbrüche, die im trockenen Südwesten nicht selten sind. Es sind Gewitterstürme von geringem Umfange, aber von grösster Heftigkeit, die sich plötzlich um die Gebirge während des heissesten Wetters bilden. In den Ravinen der Gebirge stürzen danach unglaubliche Wassermassen herab.

Nach den Berichten von Männern, die bei den Boraxwerken den Winter im Thale zugebracht haben (von 1883 bis 1887 inclusive arbeiteten 40 Männer daselbst von September bis Juni) ist das Klima im Winter sehr gesund und angenehm. Auf den Bergen giebt es Schneefall bis zur Tiefe von mehreren Fuss. Eis bildet sich, und von den benachbarten, aber höheren Thälern wird extreme Kälte berichtet. Der klare Himmel und der trockene Boden begünstigt die winterliche Ausstrahlungskälte. In Yuma selbst sinkt die Temperatur öfter auf —2 bis —3° und hat schon —5.3° erreicht. Im ganzen muss der Winter angenehm und gesund sein. Es mögen 25 bis 50 *mm* Regen fallen. Der erste Frühling und späte Herbst haben angenehme Temperatur, klare, erfrischende Luft und wenig Regen.

JAHRBUCH

der

Astronomie und Geophysik.

Enthaltend die wichtigsten Fortschritte auf den Gebieten

der

Astrophysik, Meteorologie und physikalischen Erdkunde.

Unter Mitwirkung von Fachmännern

herausgegeben

von

Dr. Hermann J. Klein.

V. Jahrgang 1894.

Mit 5 Lichtdruck- und Chromotafeln.



EDUARD HEINRICH MAYER

Verlagsbuchhandlung

Leipzig 1895.

Druck von Oskar Leiner in Leipzig.

Inhaltsübersicht.

Geophysik.

Verzeichnis der Tafeln.

Astrophysik.

Die Sonne.

Die erste Entdeckung der Sonnenflecke, welche man bisher Scheiner und Galilei zuschrieb, gebührt nach den Untersuchungen von G. Berthold ausschliesslich dem Ostfriesen Johann Fabricius[1]). Durch Wiederauffinden des von dem Vater Johanns, dem Pastor David Fabricius, herausgegebenen Prognosticon astrologicum auf das Jahr 1615, war der Verfasser in der Lage, definitiv festzustellen, dass die Sonnenflecken von Johann Fabricius am 9. März 1611 (neuen Stils) entdeckt worden sind. Ebenso wird gezeigt, dass die kleine Schrift von Johann Fabricius, in der er von seiner Entdeckung zuerst Nachricht gab (Johann Fabricii de maculis in sole observatis narratio) bereits zur Herbstmesse des Jahres 1611 erschien, während Scheiner erst im Oktober 1611 und Galilei im April 1612 diese Wahrnehmung machte.

Sonnenstatistik 1893. Die Relativzahlen der Sonnenflecke für das Jahr 1893 sind von A. Wolfer festgestellt worden[2]) auf Grund der Aufzeichnungen in Zürich und an elf anderen Stationen. Es ergab sich folgende Tabelle der monatlichen Fleckenstände, in welcher m die Zahl der fleckenfreien Tage, n die Zahl der Beobachtungstage und r die mittlere Relativzahl ist.

1893	m	n	r
Januar	0	31	75.0
Februar	0	28	73.0
März	0	31	65.7
April	0	30	88.1
Mai	0	31	84.7
Juni	0	30	88.2
Juli	0	31	88.8
August	0	31	129.2
September	0	30	77.9
Oktober	0	31	79.7
November	0	30	75.1
Dezember	0	31	93.8
Jahr	0	365	84.9

[1]) Berthold, der Magister Johann Fabricius. Leipzig 1894.
[2]) Astron. Mitteil. Nr. 84. p. 109 u. ff.

Merkwürdige Protuberanzen. Zwei ungewöhnliche Protuberanzen sind am 19. und 20. September 1893 vom Pater Fényi zu Kaloksa am Sonnenrande beobachtet worden. Am ersten Tage, 2^h mittlerer Zeit von Greenwich, sah der Beobachter eine Protuberanz, welche grosse Bewegung in der Gesichtslinie verriet; er suchte, sie zu zeichnen, allein die Protuberanz stieg so rasch empor, dass es unmöglich war, ein getreues Bild zu erhalten. Sie stieg in 7^m 17.8^s um 129.5″ mit einer mittleren Geschwindigkeit von 28.5 geographischen Meilen in der Sekunde. Die grösste beobachtete Höhe erreichte 8′ 18″ oder mehr als die Hälfte des Sonnenradius. Das ganze Gebilde besass gleichzeitig eine grosse Bewegung gegen die Erde zu, etwa 300 *km*. Um $2^1/_2{}^h$ war von dem ganzen riesigen Gebilde nichts mehr zu sehen als eine kleine Protuberanz am Grunde, die 30″ betragen mochte.

»Es ist nun,« sagt Pater Fényi[1]), »höchst bemerkenswert, dass, obwohl derartige Erscheinungen höchst selten vorkommen, dennoch gerade am folgenden Tage eine noch heftigere Eruption stattfand, und zwar an einer Stelle der Sonne, welche der ersteren nahezu diametral gegenüberliegt. Diesmal spielte sich die ganze Erscheinung von ihrem ersten Anfange an vor meinen Augen ab.

Am 20. September, wenige Minuten vor 9^h vormittags fand ich während der gewöhnlichen Beobachtung des Sonnenrandes eine sehr sonderbare, durch Verschiebung des Spektrallichtes zustandegekommene, daher ausserhalb des Spaltes erscheinende Form. Das ungewöhnliche, verwaschene Aussehen derselben, namentlich aber der Umstand, dass an dieser Stelle gar keine Protuberanz stand, veranlasste mich, die Erscheinung aufmerksam zu untersuchen und die Position zu messen. Während ich nun Vorbereitung traf, auch die Grösse der beträchtlichen Verschiebung zu messen, hatte sich schon ein sehr kräftiger, ungemein hell leuchtender Bogen an dieser Stelle erhoben, der ebenfalls bedeutende Verschiebung gegen Rot zeigte. Eine zweimalige Messung mit dem Fadenmikrometer ergab in vollkommener Übereinstimmung eine Geschwindigkeit von 255 *km* in der Sekunde. Indessen hatte sich in den wenigen Minuten ein Gebilde von Protuberanzen erhoben, aus dessen Mitte die Protuberanz emporstieg, welche den Gegenstand folgender Messungen bildete. Die Schnelligkeit der Entwickelung liess keine Zeit, auch nur irgend eine brauchbare Skizze hinzuwerfen. Ich konnte indessen doch beobachten, dass diese Protuberanz der vorigen sowohl den Umrissen nach als auch durch die durchaus streifenartige Struktur auffallend ähnlich war. Als ich um 9^h 7^m Höhe und Aufstieg zu messen begann, ergab schon der erste Durchgang die Höhe von 8′ 6″, das ist 352000 *km*. Da diese Höhe in etwa 12^m erreicht wurde, so muss die mittlere Geschwindigkeit 448 *km* in der Sekunde gewesen sein, was auch mit den darauf ausgeführten genauen Messungen

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3208.

leidlich gut übereinstimmt. Folgende Tabelle bietet eine Übersicht über den Verlauf dieser Erscheinung während der acht Durchgänge, die in derselben Weise erhalten wurden, wie schon oben angegeben ist.

M. Z. Greenwich	Höhe der Protuberanz in geoz. Sek.	Geschwindigkeit des Aufstiegs in *km* pro Sek.	Berechnete Acceleration in *m* pro Sek.
$9^h\ 8^m\ 13.4^s$	486.8″	286	
$9^m\ 3.5^s$	505.5″	437	+ 2904
$9^m\ 56.8^s$	538.1″	423	— 255
$10^m\ 51.7^s$	570.7″	347	— 1320
$11^m\ 50.9^s$	599.4″	171	— 2800
$12^m\ 56.2^s$	615.0″	498	+ 4740
$14^m\ 7.2^s$	664.5″	262	— 3280
$9^h\ 15^m\ 18.3^s$	690.0″		

Man ersieht daraus, dass die Protuberanz zum Schlusse die enorme Höhe von 11′ 30.6″ oder 0.722 des Sonnenhalbmessers, im absoluten Masse 500000 *km*, erreichte. Im Zeitintervalle von $7^m\ 4.9^s$ erhob sich die Protuberanz um 204.6″; hieraus ergiebt sich die ganz sichere mittlere Geschwindigkeit von 46.4 geographischen Meilen in der Sekunde.

Auch diese Protuberanz zeigte in ihrer ganzen Höhe, das ist während des ganzen Durchganges, eine Verschiebung gegen Rot; nach zwei ausgeführten Messungen erreichte die entsprechende Bewegung 32.5 bis 34.4 geographische Meilen in der Sekunde von uns weg.

Nach $9^h\ 15^m$ trat Trübung ein; allein die Protuberanz war schon in Auflösung begriffen; die letzten zwei Durchgänge wurden schon als etwas unsicher bezeichnet wegen der Schwäche der höchsten Teile.

Das Zusammentreffen zweier so seltener Erscheinungen ist sehr auffallend. Im Laufe meiner womöglich täglichen Beobachtungen des ganzen Sonnenrandes ist in diesem Jahre (1893) keine ähnliche Erscheinung vorgekommen. In der gegenwärtigen Periode erhöhter Sonnenthätigkeit sind Protuberanzen von 70″ Höhe alltäglich, solche von 120″ nicht selten. Die grössten sonst in diesem Jahre beobachteten Höhen waren indessen doch nur jene vom 28. März mit 260″, vom 29. Juni mit 215″ und vom 23. September mit 294″. Wenn nun in diesen Fällen Höhen von 498″ und 690″, begleitet von enormen Bewegungserscheinungen im Zeitintervalle von 19^h zusammentreffen, so lässt dies vermuten, dass diese ausserordentlichen Erscheinungen in irgend einem wenn auch entfernteren Zusammenhange stehen dürften. Dafür würde auch noch der Umstand sprechen, dass beide Gebilde einander gegenüber lagen und im ganzen Verlaufe ihrer Erscheinung einander sehr ähnlich waren. Beide schienen aus lauter hellen Bändern oder Streifen zu bestehen und einem feurigen Strome gleich senkrecht zum Sonnenrande, abgesehen von

der Bewegung im Visionsradius, emporzuschiessen, ohne sich in der Höhe merklich auszubreiten. Es mag noch ferner hervorgehoben werden, dass beide bis zu enormen Höhen sehr hell erschienen. Die erste Protuberanz wurde in der Skizze noch in der halben Höhe als ausserordentlich hell notiert. Am 20. September wurde noch beim letzten Durchgange von 351" bis 637" Höhe das Gebilde als hell bezeichnet; erst der obere Teil war sehr schwach.

Gegen die Auffassung derartiger Erscheinungen als mechanische Massenbewegung wurde schon von mehreren Seiten Einsprache erhoben, und man glaubte, die Bewegungserscheinungen als bloss scheinbare, durch das Weiterschreiten eines physikalischen oder chemischen Prozesses hervorgebrachte erklären zu können. Unter diesen Versuchen nimmt der von A. Brester in seiner »Théorie du soleil« vorgetragene einen vermöge seiner sorgfältigen Durcharbeitung hervorragenden Platz ein. Er hält die Protuberanzen für ein Aufflammen jener Gebiete der Gashülle der Sonne, wo die dissoziierten Elemente des Wasserstoffes so weit abgekühlt sind, dass sie sich wieder vereinigen können. Ich muss gestehen, dass nicht nur die Einzelheiten der vorliegenden Erscheinungen hierin eine willkommene Erklärung finden, sondern auch die so oftmal beobachteten Vorgänge der Erhebung und Entwickelung von Protuberanzen in bester Übereinstimmung wären. Die so gewöhnliche streifenartige Struktur würde sich aus kälteren Strömen erklären; die so häufigen wolkenartigen Formen, namentlich aber der immer zu beobachtende Auflösungsprozess der Protuberanzen, der dem Auflösungsprozesse unserer Wolken dem Aussehen nach vollkommen gleich kommt, müsste infolge solcher lokaler Vereinigungen geradezu erwartet werden. Von den Schwierigkeiten, welche auch diese Theorie gegen sich hat, will ich bei dieser Gelegenheit nur auf eine hinweisen, welche die Unhaltbarkeit aller bisher vorgebrachten Erklärungsversuche darthut. Es ist dies die unzweifelhafte Thatsache der Verschiebung der Spektrallinien, welche ebenso grosse Bewegungen im Visionsradius voraussetzt, als jene sind, die in der Richtung des Sonnenradius unmittelbar gesehen werden. Ich halte es nämlich für unmöglich, dass durch das blosse Weiterschreiten eines physikalischen oder chemischen Prozesses, ohne fortschreitende Bewegung des Massenmoleküls selbst, eine Verschiebung des Spektrallichtes zustandekommen könne.

Um etwa die Erklärung Brester's annehmen zu können, müsste nachgewiesen sein, dass beim Fortschreiten besagter Explosionen das Molekül wenigstens vorübergehend, während es Licht erregt, eine der Grösse der beobachteten Verschiebungen entsprechende Bewegung erhält. Der unmittelbare Nachweis, ob bei der Explosion der Gasmenge eine von der Richtung der Fortpflanzung bestimmte Verschiebung der Spektrallinien stattfindet, läge nicht ausserhalb des Bereiches eines Experimentes. Wenn auch die Entflammung unserer bekannten explosiven Gase nur wenige Kilometer in der Sekunde fortschreitet, so könnte doch auch die kleine entsprechende Verschiebung noch

im Laboratorium gemessen werden. Gelingt ein solcher Nachweis, so dürften damit die seltenen, heftig bewegten Protuberanzen eine Erklärung gefunden haben; es kämen dann die alltäglichen ruhigen Protuberanzen an die Reihe, die oft tagelang ohne bedeutende Änderung hoch über dem Sonnenrande schwebend beobachtet werden."

Wärmestrahlung der Sonnenflecke. Wilson hat mit einem Heliostaten und einem Boys'schen Radiometer 1893 über die Wärmestrahlung der Sonnenflecke Versuche angestellt. Hinter dem Schirme, auf welchem der Heliostat das durch eine Linse vergrösserte Sonnenbild entwarf, stand auf einem festen Pfeiler das Radiomikrometer, zu welchem die strahlende Wärme nur durch eine feine, 1 *mm* im Durchmesser haltende Öffnung gelangen konnte[1]). Die Beobachtung begann stets damit, dass vor die Öffnung des Radiomikrometers ein kleiner Schirm gestellt und die Nulllage des Spiegels beobachtet wurde. Dann wurde der Schirm entfernt und der Kern eines Sonnenfleckes auf die Öffnung gebracht, die Ablenkung wurde abgelesen und aufgezeichnet (u). Hierauf liess man das Sonnenbild sich bewegen, so dass ein Teil in der Nähe des Fleckes, der aber in gleichem Abstande von der Mitte der Sonnenscheibe sich befand, auf die Öffnung fiel; die nun durch die Strahlung verursachte Ablenkung wurde aufgezeichnet (N); schliesslich wurde noch die Ablenkung, welche das Zentrum der Sonnenscheibe hervorbrachte (C), beobachtet und notiert. Wurde nun von den drei Werten u, N und C die Ablenkung, welche der Nullstellung entsprach, abgezogen, so erhielt man die Werte, welche der Wärmestrahlung an den drei verschiedenen Orten entsprachen.

Eine am 7. August 1893 ausgeführte Beobachtung wird als typisches Beispiel mitgeteilt. Der Kern des Fleckes mass 0.8 Zoll, so dass die Öffnung des Radiomikrometers nur etwa $^1/_{400}$ der scheinbaren Ausdehnung des Fleckes bedeckte. Aus sieben Messungen ergaben sich die Mittelwerte: für die Strahlung des Fleckenkernes = 1.31, für die des benachbarten fleckenfreien Ortes der Sonne = 4.49 und für das Zentrum der Sonnenscheibe = 4,57. Das Verhältnis der Wärmestrahlung des Fleckenkernes zu derjenigen der benachbarten Photosphäre betrug sonach 0.292, während das Verhältnis der Strahlung des Kernes zu der der Mitte der Sonnenscheibe = 0.287 war. Der Fleck war von der Mitte der Scheibe etwa 0.4 des Radius entfernt.

Da die Strahlung der Photosphäre vom Zentrum nach dem Rande der Scheibe abnimmt, so schien es von Interesse, zu untersuchen, ob das Verhältnis u/C sich ändert, wenn der Fleck infolge der Sonnenrotation auf der Scheibe fortgeführt wird. Wenn der Fleck eine Vertiefung der Sonnenoberfläche ist, dann muss die

---

[1]) Proceedings of the Royal Society 1894. **55.** Nr. 333. p. 246. Naturw. Rundschau 1894. Nr. 14.

Wärmeabsorption zunehmen, je mehr sich der Fleck dem Rande nähert, da die Tiefe der Sonnenatmosphäre, durch welche die Strahlung dringen muss, wächst. Wenn hingegen der Fleck über der absorbierenden Atmosphäre schwebt, so muss seine Strahlung in jeder Lage auf der Sonnenscheibe konstant bleiben. Stellt man nun die Strahlungswerte der Photosphäre längs eines Radius der Sonnenscheibe zusammen, so erhält man eine Abnahme der Strahlung von 100 im Zentrum auf 42.9 am Rande; die Strahlung der Flecke hingegen nimmt nicht so schnell ab, wenn der Fleck sich dem Rande nähert. Aus 20 Beobachtungen zwischen dem 5. August und 9. November 1893, für welche die Werte u/C und u/N nebst den Abständen der Flecke von der Mitte in einer Tabelle zusammengestellt sind, sieht man, dass das erstere Verhältnis ziemlich konstant bleibt, während das Verhältnis u/N sich der Einheit nähert, wenn der Fleck dem Rande nahe kommt. Am 22., 26., 29. und 30. Oktober ist ein und derselbe Fleck beobachtet worden; das Verhältnis u/C war an den betreffenden Tagen 0.338, 0.360, 0.313, 0.356, während das Verhältnis u/N bezw. 0.349, 0.410, 0.706, 0.783 betrug.

Aus Beobachtungen im Jahre 1874 und 1875 hatte Langley das Verhältnis der Strahlung der Sonnenflecke zu der der Photosphäre zu 0.54 gefunden. Seine Methode bestand darin, dass erst die Strahlung einer Stelle in der Nähe des Fleckes zwischen Fleck und Zentrum, dann die des Fleckes und schliesslich die Strahlung der Photosphäre zwischen Fleck und Rand mit der Thermosäule gemessen wurden. Der Langley'sche Wert ist bedeutend grösser als der von Wilson gefundene, der im Durchschnitte aus 20 Beobachtungen = 0.356 war. Die feineren instrumentellen Hilfsmittel und die Möglichkeit, dass die Strahlungen der Flecke in den verschiedenen Jahren voneinander differieren, erklärt hinreichend den Unterschied der Resultate. Verfasser meint übrigens, dass man sich schwerlich denken könne, dass die Strahlung der Flecke zu niedrig gefunden werde, wohl aber leicht, dass sie zu hoch gefunden wird, wenn nämlich infolge von Schwankungen Strahlen vom Fleckenhofe auf das empfindliche Instrument fallen.

Experimentaluntersuchungen über die effektive Temperatur der Sonne haben W. E. Wilson und P. L. Gray angestellt. Die einzigen einigermassen vollständigen Beobachtungsreihen über diesen Gegenstand, welche bis jetzt veröffentlicht wurden, sind diejenigen von Rossetti und Le Chatelier. Alle von anderen Autoren angegebenen Resultate hängen mehr oder weniger von Schätzungen über das Gesetz zwichen Temperatur und Strahlung ab, und die daraus hervorgehenden Differenzen allein haben Werte für die Sonnentemperatur ergeben, welche zwischen 1500° und 3 bis 5 Millionen Grad schwanken.

Rossetti arbeitete mit einer Thermosäule, welche direkt der Sonnenwärme ausgesetzt wurde. Das Gesetz der Ablenkung des

Galvanometers je nach der Intensität der Wärme war an Temperaturen einer künstlichen Wärmequelle experimentell bestimmt worden bis zu etwa 2000° C., darüber hinaus wurde es bei den Beobachtungen an der Sonne durch Extrapolation weitergeführt.

Le Chatelier arbeitete nach einem völlig anderen Prinzipe, indem er die Lichtintensität bestimmte, welche durch ein rotes Glas hindurchging, zuerst bei Wärmequellen von bekannten Temperaturen bis zu 1700° oder 1800°, dann aber die Sonne benutzte und, wie Rossetti, extrapolierte. Letzteres ist bei jeder Methode erforderlich, bis es uns möglich sein wird, Substanzen bis zur Höhe der Sonnenglut künstlich zu erhitzen, ein Experiment, an dessen Ausführung heute noch nicht zu denken ist. Rossetti fand schliesslich als effektive Temperatur der Sonne annähernd 10000° C., Le Chatelier 7600° (± 1000°). Die von dem Verfasser der vorliegenden Mitteilung angewandte Methode ist diejenige der Balancierung der Sonnenwärme mit derjenigen eines Platinbleches von bekannter, möglichst hoher Temperatur. Die künstliche Wärmequelle war eine veränderte Form von Joly's Meldometer, dessen Kalibrierung mit einem hohen Grade von Genauigkeit ausgeführt werden kann. Die „Radiationswage" besteht in einer Art von Boys' Radiomikrometer. Auf die einzelnen Beobachtungen und Messungen kann an dieser Stelle nicht eingegangen werden; es möge genügen, anzuführen, dass als Endresultat aus 69 Beobachtungen eine mittlere effektive Temperatur der Sonne von 6200° C. sich ergiebt. Die Beobachter bemerken, dass die Untersuchungen am besten in einer mehr tropischen Gegend der Erde wiederholt werden sollten, wo man für längere Zeit auf mehr konstante atmosphärische Verhältnisse rechnen kann.

Das Vorhandensein von Sauerstoff in der Sonnenatmosphäre wird auch von Dunér geleugnet[1]). Die Banden A, B, α des Sonnenspektrums gehören unzweifelhaft dem Sauerstoffe an. Wenn diese Banden teils tellurischen, teils solaren Ursprungs wären, so müsste eine solche Bande bei simultaner Beobachtung beider Sonnenränder doppelt erscheinen, aus zwei Komponenten von mehr oder weniger verschiedener Intensität bestehend. Zahlreiche Beobachtungen der Bande α haben aber Prof. Dunér niemals eine solche Verdoppelung erkennen lassen, weshalb er die Banden A, B und α für rein tellurisch erklärt.

Der infrarote Teil des Sonnenspektrums ist seit Jahren Gegenstand der Untersuchungen von Prof. S. P. Langley. Dieselben sind gegenwärtig zu einer Art vorläufigem Abschlusse gediehen und haben nicht nur eine physikalische, sondern auch astrophysikalische Bedeutung. In seinem Berichte an die Nationalakademie der

[1]) Compt. rend. **117.** p. 1056.

Wissenschaften giebt Prof. Langley, im Anschlusse an eine Übersicht der früheren Untersuchungen über diesen Gegenstand, eine kurze Darstellung seiner eigenen Arbeiten [1]). Der infrarote Teil des Sonnenspektrums wurde zuerst von Wilhelm Herschel beobachtet und als »thermometrisches Spektrum« bezeichnet. Sein Sohn, John Herschel, erkannte, dass die unsichtbare Wärme in diesem Teile des Spektrums nicht gleichmässig verteilt sei, und Melloni bestätigte dies mittels der Thermosäule. Aber auch die späteren Untersuchungen des älteren Draper und Becquerel's liessen die Sache noch sehr im Dunkeln, wie das allgemeine Aufsehen beweist, welches Lamanski's Arbeiten 1871 erregten. Langley fand 1881 durch Anwendung des Bolometers in einer Höhe von 13000 Fuss auf dem Mount Whitney noch vollkommen unbekannte Spektralregionen jenseits der von Lamanski erkannten Strecken. Fortgesetzte Untersuchungen am Alleghany-Observatorium lehrten diesen Teil des Spektrums bis zur Wellenlänge 1.5 μ genauer kennen, allein die benutzte Methode war sehr mühsam und führte nur äusserst langsam zum Ziele, so dass innerhalb zwei Jahren nur 20 Linien in diesem unsichtbaren Teile des Spektrums bestimmt werden konnten. Erst die Anwendung ganz neuer Beobachtungsmethoden führte rascher zur Bestimmung sehr zahlreicher Linien, trotzdem der infrarote Teil des Spektrums, wie er durch ein Steinsalzprisma erzeugt wird, äusserst zusammengedrückt ist. Prof. Langley bemerkt über seinen neuen Apparat folgendes: »Das Bolometer und seine Nebenapparate sind in einer Weise vervollkommnet worden, dass sie sich nicht mehr darauf beschränken, eine Temperaturänderung anzuzeigen; sie geben vielmehr auch den Wert derselben dort an, wo die Schwankungen kleiner sind als 1 Milliontel eines Grades, wenn sie in dem Metallstreifen eines Bolometers auftreten, der 0.05 *mm* breit und 0.002 *mm* dick ist. Eine sehr genau gehende Uhr bewegt das Spektrum derart, dass jede Linie, die sichtbaren wie die unsichtbaren, nacheinander über den Metallstreifen fortgeht, der in dieser Zeit, wegen seiner geringen Masse, sein Wärmegleichgewicht in so kurzer Zeit verändert, dass man sie für unmerklich halten kann. Da das, was für das Auge dunkel ist, für das Bolometer kalt ist, wird die Anwesenheit einer unsichtbaren Absorptionslinie durch eine fast augenblickliche Ablenkung des Galvanometers angezeigt. Diese Ablenkung ist früher mit dem Auge auf einer Skala beobachtet worden; jetzt ist die Skala durch eine empfindliche photographische Platte ersetzt, welche in vertikaler Richtung durch dasselbe sehr vollkommene Räderwerk verschoben wird, welches das Spektrum über das Bolometer wegführt. Hieraus folgt, dass die Energiekurve absolut automatisch durch die Photographie mit Hilfe des Bolometers registriert wird in Regionen, welche bisher der Photographie ganz unzugänglich gewesen sind.«

---

[1]) Memorie della Società degli Spettroscopisti Italiani 1894. p. 127. Compt. rend. **119.** p. 388.

Als Prof. Langley seine Untersuchungen vor nunmehr 15 Jahren begann, glaubte eine der ersten Autoritäten auf diesem Gebiete, Dr. John W. Draper, dass das Wärmespektrum nahe bei der Linie, deren Wellenlänge 1 μ ist, völlig endige; seitdem hat Langley durch direkte Messungen nachgewiesen, dass es sich bis zu einer fünf- oder sechsmal grösseren Wellenlänge ausdehnt, und durch indirekte Messungen, dass diese Ausdehnung noch weit grösser ist. Seine jetzigen Mitteilungen beziehen sich indessen nur auf den Teil des Spektrums bis zu 4 μ. Er giebt eine Darstellung dieses Teiles mit den ihrer Lage und Ausdehnung nach von ihm bestimmten Absorptionslinien. Dieselbe ist auf Tafel I (Fig. 1) reproduziert. Der kleine Teil links von der Linie A, zwischen der Wellenlänge 0.4 und 0.76 μ, ist das sichtbare Spektrum, wie es seit Newton bekannt ist. Die durch die Photographie bekannte Region erstreckt sich bis zu ϱ s t, rechts davon ist ein Teil der neuen, durch das Bolometer erschlossenen Regionen, welche hauptsächlich durch Langley's Beobachtungen in Washington enthüllt wurden. Diese Regionen sollen baldmöglichst in speziellen Karten dargestellt und veröffentlicht werden. Ein Teil dieser letzteren, zwischen den Wellenlängen 1.4 und 2.2 μ, ist in Fig. 2 dargestellt. Derselbe enthält u. a. das dunkle Band Ω, welches bei dieser Vergrösserung in zahlreiche feine Linien aufgelöst erscheint. Wenn man erwägt, dass der grösste Teil der Sonnenenergie in diesen, noch so wenig gekannten Teil des Spektrums fällt, und dass ein grosser Teil der hier stattfindenden Absorptionen wahrscheinlich von unserer Erdatmosphäre herrührt, so wird begreiflich, dass weitere Untersuchungen dieser Region des Spektrums von bedeutender Wichtigkeit sind.

Die Sonnenrotation und die Korona. Aus dem Studium der Photographie der Korona vom 29. Juli 1878, 1. Januar 1889 und 22. Dezember 1889 schliesst F. H. Bigelow, dass die Korona wie ein mit der Sonne fest verbundener Körper rotiere. Nach seiner Ansicht werden die Sonnenflecke durch den Fall von Meteoren erzeugt, welche von dem äussersten Koronastrahle aus senkrecht auf die Sonnenoberfläche herabstürzen[1].

Planeten.

Planetoidenentdeckungen. Nach der Zusammenstellung von Paul Lehmann[2]) sind folgende Planeten aus der Gruppe zwischen Mars und Jupiter 1893 entdeckt worden:

(352)	am 12.	Januar	von	M. Wolf	in Heidelberg,
(353)	» 16.	»	»	»	» »
(354)	» 17.	»	»	Charlois	in Nizza,
(355)	» 20.	»	»	»	» »
(356)	» 21.	»	»	»	» »

[1]) Publ. of the Astr. Soc. of Pacific **8.** Nr. 16.
[2]) Vierteljahrsschrift der Astron. Ges. **29.** p. 44 u. ff.

(357)	am	11.	Februar	von	Charlois	in	Nizza,
(358)	»	8.	März	»	»	»	»
(360)	»	11.	»	»	»	»	»
(361)	»	11.	»	»	»	»	»
(362)	»	12.	»	»	»	»	»
(363)	»	17.	»	»	»	»	»
(364)	»	19.	»	»	»	»	»
(365)	»	21.	»	»	»	»	»
(366)	»	21.	»	»	»	»	»
(367)	»	19.	Mai	»	»	»	»
(368)	»	19.	»	»	»	»	»
(369)	»	4.	Juli	»	Borrelly	in	Marseille,
(370)	»	14.	»	»	Charlois	in	Nizza,
(371)	»	16.	»	»	»	»	»
(372)	»	19.	August	»	»	»	»
(373)	»	15.	Septbr.	»	»	»	»
(374)	»	18.	»	»	»	»	»
(375)	»	18.	»	»	»	»	»
(376)	»	18.	»	»	»	»	»
(377)	»	20.	»	»	»	»	»
(378)	»	6.	Dezbr.	»	»	»	»

Der anfänglich mit (359) bezeichnete Planet wurde später von Coniel in Paris als der Planet (89) Julia erkannt. Die Nummer 359 fällt daher ebenfalls vorläufig aus. Ferner ist zu bemerken, dass der erste mit (324) bezeichnete, später aus der Liste gestrichene Planet, welcher am 20. November 1891 von M. Wolf in Heidelberg entdeckt war, in dem Planeten (363) wiedergefunden ist.

Im Jahre 1894 sind, soweit bis jetzt bekannt, folgende Planeten entdeckt worden:

A Q	1894	am	8.	Januar	von	Charlois	(379)
A R		»	8.	»	»	»	(380)
A S		»	10.	»	»	»	(381)
A T		»	29.	»	»	»	(382)
A U		»	29.	»	»	»	(383)
A V		»	11.	Februar	»	Courty	
A W		»	30.	Januar	»	Wilson	
A X		»	1.	März	»	Wolf	
A Y		»	1.	»	»	»	
A Z		»	5.	»	»	Courty	
B A		»	7.	»	»	Charlois	
B B		»	8.	»	»	»	
B C		»	24.	»	»	Bigourdan	
B D		»	24.	»	»	Wolf	
B E		»	24	»	»	»	
B F		»	4.	Novbr.	»	»	
B G		»	4.	»	»	»	
B H		»	19.	»	»	Borrelly	

Messungen des Venusdurchmessers hat Dr. L. Ambronn ausgeführt[1]) mittels des grossen Heliometers der Göttinger Sternwarte. Dieselben erstrecken sich über das Jahr 1892 und einen Teil von 1893. Sie wurden stets kurz nach Sonnenuntergang

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3024.

oder vor Sonnenaufgang, doch nur bei guten Bildern, vorgenommen. Die Berechnung der Beobachtungen wurde so ausgeführt, dass das Ergebnis der Messungen abhängig gedacht wurde von dem wirklichen Durchmesser, der Entfernung der Planeten und einem konstanten, dem Instrumente und dem Beobachter anhaftenden Messungsfehler, der die Messungen also stets in der gleichen Weise beeinflusst, gleichgültig, wie gross die Sichel des Planeten erscheint. Die Berechnung ergab den Durchmesser der Venus in der Entfernung 1 (der mittleren Distanz der Erde von der Sonne) zu 17.711″ $\pm$ 0.047″. Nimmt man die Sonnenparallaxe zu 8.81″ an, so erscheint der äquatoriale Erddurchmesser in der nämlichen Entfernung 1 unter dem Winkel von 17.62″, sonach würde der Durchmesser der Venus im Verhältnisse von 17.71 : 17.62 oder um nahe $^1/_{200}$ grösser sein als der äquatoriale Erddurchmesser. Die besseren früheren Messungen ergaben den Venusdurchmesser sämtlich kleiner. Nach Hartwich's Untersuchungen würde er im Mittel 17.552″ betragen. Jedenfalls ist dieser Planet an Grösse nur sehr wenig von der Erde verschieden.

Darstellungen der Marsoberfläche. James E. Keeler hat im Sommer 1893 am 13-zölligen Refraktor des Alleghany-Observatoriums zahlreiche Beobachtungen und Zeichnungen der Marsflecken erhalten [1]). Der Hauptzweck dieser Beobachtungen war, die Zeichnungen von Schiaparelli, Green und anderen mit dem, was das Fernrohr 1892 zeigte, zu vergleichen. Zu diesem Zwecke wurde die Schiaparelli'sche Karte des Mars (nach den Beobachtungen 1882 — 1888) auf eine 6 Zoll im Durchmesser haltende Kugel übertragen. Bei den Beobachtungen wurde das Aussehen der Marsscheibe durch Zeichnungen wiedergegeben, und die so erhaltenen Zeichnungen wurden später mit der Darstellung auf der Kugel verglichen, nachdem letztere in die der Beobachtungszeit entsprechende Stellung geracht worden. Was die Zeichnungen anbelangt, so wurden sie so genau als möglich hergestellt, und zwar sowohl in bezug auf die Umrisse, als auch auf die relative Helligkeit der gesehenen Flecke. Obgleich einige Flecke des Mars scharfe Umrisse zeigen, so besitzen doch die meisten nur verschwommene Grenzen, und es ist von grösster Wichtigkeit, diese Abschattierungen möglichst genau wiederzugeben. Die bewundernswürdigen Zeichnungen von Green verdanken einen grossen Teil ihres Wertes der Sorgfalt, mit welcher das Aussehen der verschiedenen Flecke wiedergegeben ist, und ihre allgemeine Übereinstimmung mit dem Aussehen des Mars in grossen wie kleinen Instrumenten entspringt diesem Umstande. Keeler glaubt, dass die Gewohnheit, die unbestimmten Umrisse der Marsflecke durch scharfe Linien wiederzugeben, und die Nichtberücksichtigung der Intensität der Flecke, die Hauptursachen der grossen Verschiedenheiten in den Zeichnungen und Diskussionen der auf dem Mars von den verschiedenen Beobachtern gesehenen Details sind. Keeler hat sich deshalb bemüht,

[1]) Memoirs of the Royal Astron. Society **51.** p. 45 u. ff.

eine bestimmte Skala für die Intensität der Flecke bei seinen Zeichnungen beizubehalten, und stets, wenn die Zeit mangelte, eine Zeichnung nach dieser Richtung hin zu vollenden, die relativen Intensitäten und sonstige Korrektionen in Worten beigefügt. Alle Positionen der Flecke sind übrigens nach dem Augenmasse gezeichnet. Im allgemeinen wurde eine 380-fache Vergrösserung angewandt, obgleich für besondere Zwecke die Definition eine 800-fache Vergrösserung gestattet. Auch schwächere Vergrösserungen wurden angewandt, doch ist keine Zeichnung genommen worden, wenn die Luft nicht hinreichend gut war, um eine 380-fache Vergrösserung zu gestatten. Als Mars schon niedrig stand, wurde er oft durch einen feinen Dunstschleier gesehen, der von der Stadt herkam. Die Helligkeit des Planeten war dann vermindert, die Schärfe der Bilder aber oft ausgezeichnet. Die Monde des Mars wurden bei verschiedenen Gelegenheiten gesehen. Nachdem alle Zeichnungen vollendet waren, wurde die strenge Vergleichung mit der oben erwähnten Marskugel in folgender Weise ausgeführt. Die Kugel wurde so gestellt und geneigt, wie solches der wahren Lage des Mars gegen den Beobachter entspricht. Dann wurde mittels einer Kamera ein Bild der Kugel entworfen in der nämlichen Grösse (von 2 Zoll), in welcher die Zeichnungen ausgeführt waren. Ein Faden war dabei so angebracht, dass er mitten über der Kugel der Axe parallel erschien, im Bilde also die Scheibe halbierte und als feiner zentraler Meridian sich darstellte. Die Kugel wurde nun genau so gerichtet, dass der Zentralpunkt des Bildes die nämliche Länge und Breite hatte, wie das Zentrum der Marsscheibe nach der Ephemeride von Marth. Das in dieser Orientierung photographierte Bild liefert folglich keine genaue orthographische Projektion der Kugel, aber in den zentralen Teilen der Scheibe, welche in den Zeichnungen allein die Flecke mit genügender Bestimmtheit zeigen, ist die Abweichung doch unmerklich oder viel geringer, als die Fehler der Beobachtung. Es leuchtet ein, dass, wenn die Zeichnungen auf der Kugel und die am Fernrohre erhaltenen fehlerlos wären, und ausserdem keine Veränderungen auf dem Mars eintraten, die Photographien und die Zeichnungen sich völlig decken müssen. Die Vergleichung ergab in der That eine sehr gute Übereinstimmung, jedoch eine kleine, sehr nahe konstante Differenz in Länge zwischen beiden, so dass der Zentralmeridian auf der Kugel den auf der Zeichnung in Länge um etwa 7° übertraf. Die Ursache dieser Diskordanz vermag Keeler nicht anzugeben. Im ganzen wurden 31 Zeichnungen angefertigt, von denen zwölf, welche über die ganze Rotationsdauer des Planeten verteilt sind, ausgewählt und in Sepiazeichnung kopiert wurden.

Eine Erklärung der hellen Hervorragungen an der Lichtgrenze des Mars giebt W. W. Campbell[1]):

Schiaparelli hat oftmals auf das Sichtbarwerden von intensiv hellen Flecken auf der Marsscheibe hingewiesen und denselben bezüglich des

[1]) Publ. of the Astron. Society of Pacific **6.** p. 35.

Studiums der physikalischen Verhältnisse des Planeten grosse Wichtigkeit beigelegt. Ihr mehr oder weniger permanenter Charakter zeigt, dass diese Phänomene in irgend einer Weise mit der Oberfläche des Mars in Beziehung sind.

Drei weisse Flecke wurden während 8—10 Nächten des Jahres 1888 von Terby beobachtet. Sie waren unsichtbar, bis sie sich dem westlichen Rande der Scheibe näherten, dort erschienen sie sehr hell, und bevor sie hinter den Planetenrand traten, wurden sie durch Irradiation als kleine Hervorragungen wahrgenommen, ähnlich wie es bei der Polarzone der Fall ist. Es ist nicht klar, ob Terby's Beobachtungen sich sämtlich auf die nämlichen 3 Punkte beziehen, aber es ist wahrscheinlich, dass dies grösstenteils der Fall war, so dass die hellen Punkte also mehr oder weniger permanent waren. Die Lichtgrenze lag am westlichen Rande der Scheibe während der ersten Beobachtungsnächte, während des grössten Teils der letzten aber am Ostrande.

Helle Flecke, ähnlich denjenigen, welche Terby und Schiaparelli beschrieben, wurden in den Jahren 1888, 1890 und 1892 häufig auf der Lick-Sternwarte beobachtet. Die hellen Hervorragungen an der Lichtgrenze, welche hier jüngst gesehen wurden, sind jedoch von einem mehr extremen Charakter und neben den Polarkalotten möglicherweise die interessantesten und bezeichnendsten Erscheinungen, die man je auf dem Mars beobachtet hat.

Die Beobachtungen von 1890 sind mitgeteilt in den Publications of the Astr. Soc. of Pacific **2.** p. 248 und 249, und sei folgendes aus ihnen hier hervorgehoben:

»Die interessante Erscheinung heller Flecke, welche sich auf der Lichtgrenze des Mars projizierten und einen ähnlichen Anblick darboten, wie die Berge des Mondes, wenn dieselben ausserhalb der Lichtgrenze zuerst sichtbar werden, wurde in der Nacht vom 5. zum 6. Juli mit dem 36-zölligen Refraktor deutlich wahrgenommen. Die Aufmerksamkeit der Astronomen wurde auf dieses Aussehen des Mars am 5. Juli 10^{h} Pacific-Zeit durch einen Besucher des Observatoriums gelenkt, der durch den grossen Refraktor schaute. Eine um diese Zeit von J. E. Keeler angefertigte Zeichnung zeigt einen schmalen, elliptischen, weissen Fleck, 1.5″ bis 2″ lang, der sich nordwärts projizierend einen kleinen Winkel mit der Lichtgrenze auf dem Mars machte. Der Luftzustand war der beste, den man auf Mount Hamilton kennt. Um $10^{h}\ 30^{m}$ war der helle Fleck innerhalb der Scheibe aber noch sichtbar als ovaler, weisser Fleck auf dunklerem Hintergrunde.

Am 6. Juli wurde die nämliche Erscheinung sorgfältiger beobachtet von Holden, Schaeberle und Keeler. Ein Fleck, der sich auf der Lichtgrenze projizierte, ward $8^{h}\ 3^{m}$ Pacific-Zeit gesehen; $8^{h}\ 45^{m}$ erschien er aufwärts gekrümmt, und ein anderer kleiner Fleck erschien südlich davon, nach Schaeberle vielleicht mit ihm zusammenhängend. Der untere Fleck blieb, wenngleich er sein Aussehen beträchtlich änderte, länger als 1 Stunde sichtbar, und man sah ihn stets am Ende eines langen hellen Striches auf der Oberfläche des Planeten, welcher nördlich von Deuteronomion liegt. Die einfachste Erklärung dieser Erscheinung ist deshalb die, dass der erwähnte Strich über die allgemeine Oberfläche des Mars erhöht ist (oder damals war). Am 6. Juli $10^{h}\ 45^{m}$ war das Aussehen des Fleckes wesentlich dasselbe wie in der vorhergehenden Nacht und unzweifelhaft auch auf dem nämlichen Teile der Planetenoberfläche.«

Es ist nicht überflüssig, zu bemerken, dass in den vorübergehenden Nächten Mars nicht beobachtet worden war, und das grosse Teleskop nach dem 6. Juli zu anderen Untersuchungen benutzt wurde, so dass nichts darüber bekannt ist, wie lange die helle Projektion andauerte. Diese letztere war real und nicht etwa durch Irradiation verursacht. Sie erhob sich nicht nur über die theoretische Lichtgrenze, sondern krümmte sich nordwärts hin in einer Richtung parallel mit der Lichtgrenze, und das

nördliche Ende des gekrümmten Armes war von der erleuchteten Scheibe des Mars durch eine dunkle Linie von merklicher Breite getrennt. Die areographische Breite der Hauptprojektion war nahezu $+ 40^0$. Ich habe die areographischen Längen der Lichtgrenze unter jener Breite berechnet und finde folgendes:

5. Juli,	$10^h\ 0^m$	. . Länge der Lichtgrenze:	44.8^0
5. »	$10^h\ 30^m$	. . » » »	52.1^0
6. »	$8^h\ 3^m$	. . » » »	6.3^0
6. »	$8^h\ 45^m$	. . » » »	18.9^0
6. »	$10^h\ 25^m$	. . » » »	40.7^0

Ein Vergleich mit Schiaparelli's Marskarte zeigt nun, dass die am 5. Juli beobachtete Projektion das voraufgehende Ende der sehr hellen Region Tempe bedeckte. Die Lichtgrenze um $10^h\ 25^m$ des 6. Juli lag genau beim Anfange von Tempe, und die helle Projektion, welche rasch die um 10^h beobachtete Gestalt annahm, bedeckte das voraufgehende Ende von Tempe.

Ähnliche Projektionen auf der Lichtgrenze wurden beobachtet von Holden, Schaeberle, Hussey und Campbell bei der Opposition des Mars im Jahre 1892. Über die Beobachtung des Prof. Holden wird folgendes mitgeteilt:

»Eine sehr interessante Reihe von Beobachtungen heller auf die Lichtgrenze des Mars projizierter Punkte wurden von Schaeberle und mir im Juni begonnen und bis Mitte Juli fortgesetzt. Während der Opposition von 1890 haben ähnliche Beobachtungen wahrscheinlich gemacht, dass diese Projektionen Verlängerungen weisser Striche auf dem Planeten sind (Wolken?), und die Beobachtungen von 1892 wurden angestellt, um diese Deutung zu prüfen, doch sind keine bestimmten Resultate in dieser Beziehung erlangt worden.«

Prof. Schaeberle schrieb über seine Beobachtungen im Juni und Juli 1892 folgendes:

»Während die dunklen Streifen am Rande des Mars abzuschneiden scheinen, wurde gewöhnlich wahrgenommen, dass die hellen Flecke über die Lichtgrenze hinausragten, und somit andeuteten, dass die dunklen Streifen Erhöhungen über der Marsoberfläche sind und mehr Licht zeigten, wo sie auf einen dunkeln Hintergrund projiziert waren. Dass die hellen Hervorragungen wirklich in der Verlängerung eines dunklen Striches liegen, bedarf indessen weiterer Bestätigung.«

Perrotin, Direktor der Sternwarte zu Nizza, hat am dortigen 30-zölligen Refraktor bei drei Gelegenheiten 1892 helle Hervorragungen an der Lichtgrenze des Mars wahrgenommen. In seinem Berichte an die Pariser Akademie sagt er: »Ich würde meinen Berieht noch aufgeschoben haben, wenn ich nicht durch Newcomb benachrichtigt worden wäre, dass die Astronomen der Lick-Sternwarte in ähnlicher Weise helle Projektionen an der Lichtgrenze des Mars wahrgenommen haben.«

Die erste helle Hervorragung wurde von Perrotin am 10. Juni von $15^h\ 12^m$ bis $16^h\ 17^m$ mittlere Zeit von Nizza, gesehen, an einer Stelle der Marsoberfläche von etwa 30^0 südl. Br. Am 2. Juli war eine Projektion sichtbar von $14^h\ 10^m$, als die Beobachtungen begannen, bis $14^h\ 40^m$, ebenso dieselbe am 3. Juli $14^h\ 11^m$ bis $15^h\ 6^m$. Die Projektionen am 2. und 3. Juli lagen in 50^0 südl. Br. und erschienen auf der nämlichen Region des Mars. Perrotin erläutert seine Wahrnehmungen wie folgt: »Das sind die Thatsachen; ich unternehme nicht, sie zu interpretieren. Sie wurden mit so grosser Bestimmtheit wahrgenommen, dass es kaum möglich erscheint, sie als Resultat irgend einer Täuschung zu betrachten. Da anderseits diese Projektionen ausserhalb der Scheibe mindestens 0.1" bis 0.2" betragen, also auf Höhen von mehr als 30 bis 60 *cm* über der Marsoberfläche führen, so finden wir auf unserer Erdoberfläche kein Analogon dazu, und zweifellos kann es sich in solcher Höhe nur um rein optische Erscheinungen handeln.«

Unter Voraussetzung, dass in den oben genannten Beobachtungen die areographischen Breiten der hellen Projektionen -30^0, -50^0 betrugen, habe ich folgende Längen der Lichtgrenze für die Beobachtungszeiten berechnet:

10. Juni 1892, $15^h\ 12^m$ bis $16^h\ 17^m$ { Breite: -30^0, Länge der Lichtgrenze: 212.4^0 bis 228.2^0.

2. Juli 1892, $14^h\ 10^m$ bis $14^h\ 40^m$ { Breite: -50^0, Länge der Lichtgrenze: 335.4^0 bis 342.8^0.

3. Juli 1892, $14^h\ 11^m$ bis $15^h\ 6^m$ { Breite: -50^0, Länge der Lichtgrenze: 325.7^0 bis 339.0^0.

Prof. Hussey, welcher auf der Lick-Sternwarte an den Marsbeobachtungen im Juli und August 1892 teilnahm, sah eine oder mehrere helle Projektionen in jeder guten Beobachtungsnacht, nämlich am 2., 5., 10., 11., 12., 13. und 17. Meine Beobachtungen beschränken sich auf Teile von 4 Nächten in den Wochen zwischen 10. Juli und 17. August. Ich sah die Projektionen vom 10., 11., 12., 13. und 17. Juli, also in den fünf ersten Nächten, als ich das Teleskop benutzte. Ich glaube, dass hier niemand die Projektionen nach dem 17. Juli sah, und dass alle zwischen -30^0 und -50^0 Breite auf der Marsscheibe lagen, mit Ausnahme von zwei oder drei kleinen Hervorragungen unter -25^0 Breite. Die von Hussey und mir gesehenen lagen sämtlich zwischen den Längen von 310^0 und 95^0. Die hervorragendsten wurden am 11. und 13. Juli beobachtet, am 11. Juli waren zwei sichtbar. Eine der deutlichsten war sichtbar, als die Beobachtungen $12^h\ 15^m$ begannen, und blieb etwa 2 Minuten lang bestehen, während ihre Gestalt sich während dieser Zeit zum guten Teile änderte. Um $13^h\ 25^m$ war sie ungewöhnlich hervortretend, und ihr äusserster Teil war merklich aufwärts gekrümmt gegen die südliche Polarkalotte hin. Messungen der Position ergaben als areographische Breite -47^0, doch nahm die südliche Breite kontinuierlich zu. Meine Notizen hierüber lauten: »$13^h\ 25^m$. Der Abstand der Hervorragung von der Polarkalotte ist geringer als um $12^h\ 55^m$« und »$13^h\ 55^m$, die Hervorragung ist kleiner und näher der Kalotte als vorher.« Die areographische Länge der Hervorragungen variierte von 340^0 bis 7^0.: Ich reduzierte diese Beobachtungen erst im Januar 1894, als eine Vergleichung der Resultate mit Schiaparelli's Karte zeigte, dass die Hervorragung entweder mitten auf der hellen Region Noachis oder an deren südlichem Rande erschienen war.

Die nachfolgende Grenze von Noachis nähert sich der Polarkalotte genau so wie dies klärlich bei der hellen Hervorragung der Fall war. Eine zweite und weniger in die Augen fallende Hervorragung lag in -33^0 Breite und war in der nämlichen Nacht von $12^h\ 45^m$ bis $13^h\ 55^m$ sichtbar. Am 13. Juli wiederholten sich im wesentlichen die Wahrnehmungen des 11. Juli. Die südlichste von zwei Projektionen zeigte die gekrümmte Form am deutlichsten um $14^h\ 35^m$, genau wie sie zwei Nächte vorher um $13^h\ 25^m$ erschienen war. In beiden Nächten war, wegen der längeren Rotationsdauer des Mars der nämliche Oberflächenteil des Planeten unter Beobachtung. Die Position der Basis der Hervorragung war: Breite: $-46,^0$ Länge 357^0. Der nämliche Teil der Planetenoberfläche stand an der Lichtgrenze während der Beobachtungen am 10. und 12. Juli, und auch zu diesen Zeiten wurden Projektionen wahrgenommen, obgleich die Luft zum Beobachten nicht gut war. Es wird nicht beabsichtigt, hier alle Details der Beobachtungen dieser Hervorragungen, welche auf der Lick-Sternwarte erhalten wurden, mitzuteilen; solches wird später in einem Generalberichte über die Marsbeobachtungen 1892 und 1894 auf Mount Hamilton geschehen. Seitens der Beobachter zu Arequipa findet sich die einzige Erwähnung heller Hervorragungen auf dem Mars in folgender Ausführung W. H. Picke-

ring's vom Dezember 1892: »Bei verschiedenen Gelegenheiten wurden Wolken gesehen, welche sich ausserhalb der Lichtgrenze des Mars projizierten und ebenso innerhalb des Randes, was die Wahrnehmungen auf der Lick-Sternwarte bestätigt. Die Höhe solcher Wolken wurde gemessen, und es scheint, dass einige von ihnen eine Höhe von wenigstens 20 englischen Meilen erreichten, also beträchtlich mehr wie bei den irdischen Wolken der Fall ist. Dies ist ein Ergebnis, welches sich naturgemäss wegen der geringeren Masse des Mars erwarten lässt.«

Vorstehendes sind die Beobachtungen der hellen Hervorragungen auf dem Mars und die Erläuterungen, welche die Beobachter dazu gaben. Es scheint nicht, dass sie die weitere Aufmerksamkeit der mit dem Mars sich beschäftigenden Astronomen erregt haben.

Meiner Ansicht nach sind diese Hervorragungen über die Lichtgrenze auf dem Mars nur durch die Hypothese zu erklären, dass sie von Bergketten verursacht werden, welche die Lichtgrenze kreuzen und in einigen Fällen mit Schnee bedeckt sind, während in anderen Fällen letzteres nicht notwendig der Fall zu sein braucht. Es ist zulässig, anzunehmen, dass auf dem Mars Gebirge vorhanden sind und möglicherweise in grossen Teleskopen gesehen werden können.

Die Entfernung des Mars von der Erde betrug am 11. Juni 1892 annähernd 39 000 000 englische Meilen, und die in unseren Beobachtungen angewandten Vergrösserungen waren 350- bis 520-fach. Der Planet erschien also hierbei wie mit blossem Auge gesehen in Entfernungen von 110 000 und 75 000 englischen Meilen. Unser Mond ist mehr als zweimal 110 000 oder mehr als dreimal 75 000 englische Meilen von der Erde entfernt, dennoch können wir mit blossem Auge an der Lichtgrenze desselben helle Hervorragungen wahrnehmen, die durch Bergketten oder grosse Krater hervorgerufen werden. Zur Zeit, wenn die Berge, die den Sinus Iridum auf dem Monde umgeben, in der Lichtgrenze lagen, bin ich oftmals von Personen nach einer Erklärung der hellen Hervorragungen, die sie mit blossem Auge sahen, gefragt worden. An dem hellen Rande des Mondes können Projektionen dagegen niemals mit blossem Auge gesehen werden. Wenn man also an der Lichtgrenze des 240 000 englische Meilen entfernten Mondes mit blossem Auge helle Hervorragungen der Oberfläche wahrnehmen kann, so darf man erwarten, ähnliche Hervorragungen gelegentlich auch an der Lichtgrenze des Mars wahrzunehmen, wenn seine durch das Fernrohr scheinbar verminderte Entfernung geringer als die halbe Mondentfernung ist. Um einen wirklich beobachteten Fall zu behandeln, wollen wir die Beobachtung Perrotin's vom 10. Juni näher betrachten. Die Hervorragung hatte eine scheinbare Höhe von 0.2″, und die Distanz des Mars von der Erde betrug damals 52 600 000 englische Meilen. Die Länge der Hervorragung wird hiernach gleich 52 600 000 multipliziert mit der Tangente von 0.2″, also gleich 51.0 englische Meilen. Nehmen wir an, die Hervorragung sei verursacht worden durch eine Bergkette, welche sich aus dem nicht erleuchteten Teile der Marsoberfläche in die Lichtgrenze hinein erstreckte, und die so hoch war, dass die Sonne sie erleuchtete, während der umgebende tiefere Teil der Marsoberfläche noch in Nacht lag. Die Entfernung des äussersten Endes der erleuchteten Bergkette von der Lichtgrenze wird dann gleich sein der scheinbaren Länge der Hervorragung dividiert durch den Sinus des Winkels am Mars zwischen Sonne und Erde, im vorliegenden Falle also gleich 51.0 englische Meilen dividiert durch Sinus 35^0, also gleich 89.0 englische Meilen. Die näherungsweise Höhe eines Berges, der 89 Meilen von der Lichtgrenze absteht und eben von den Sonnenstrahlen getroffen wird, ist für den Mars gleich

$$\sqrt{(2100)^2 + (89)^2} - 2100 = 1.89 \text{ englischen Meilen}$$

oder etwas weniger als 10000 Fuss. Unter sonst gleichen Umständen würden also die Hervorragungen, die im Juli beobachtet wurden, nur Berghöhen von dem angegebenen Betrage erfordern. Sonach brauchen also

Fig. 1

A ρst Φ Ψ Ω ω_1 ω_2 X

sichtbar unsichtbar

Fig. 2

Gebirge auf dem Mars, um unter geeigneten Umständen von uns gesehen zu werden, nur Höhen zu haben, welche denjenigen auf der Erde vergleichbar sind, und umgekehrt können wir, wenn solche Gebirge auf dem Mars existieren, sie in der Nähe der Lichtgrenze von der Erde aus wahrnehmen. Ein solches Gebirge sehen wir dann nicht, wie einer der Beobachter anzunehmen scheint, hauptsächlich infolge seiner Höhe, sondern vielmehr infolge seiner Längenausdehnung, in der die Bergkette von der Sonne erleuchtet wird. Dies ist eine Folge des Umstandes, dass der Beobachter den Mars von der Erde aus und nicht von der Sonne aus sieht. Wenn ein Gebirge sich am Rande des Mars befindet, so kann es uns dagegen nur durch seine Höhe sichtbar werden, während die Länge seiner Erstreckung hierbei keine Rolle spielt. Deshalb ist auch keine helle Hervorragung am Marsrande wahrgenommen worden. Die obige Hypothese erklärt auch in befriedigender Weise den mehr oder weniger permanenten Charakter der Hervorragungen, die in der That Nacht auf Nacht an der nämlichen Stelle gesehen wurden. Bei der Opposition von 1892 waren sie beschränkt auf den Streifen der Marsoberfläche zwischen 30° und 50° südl. Br., und möglicherweise waren sie bei heller Beleuchtung nur dort und nicht in anderen Teilen überhaupt sichtbar. Der Annahme, dass die Marsberge in dieser Gegend mit Schnee bedeckt seien, kann kein wesentlicher Einwurf gemacht werden. Denn wenn die Polarkalotten aus Schnee bestehen, dürfen wir erwarten, dass die Gipfel hoher Berge in allen Breiten auf dem Mars zu gewissen Zeiten des Marsjahres mit Schnee bedeckt sein werden. Möglicherweise war dies gerade in den südlichen Breiten zwischen 30° und 50° damals im Juni und Juli 1892 der Fall, und diese erschienen deshalb so hell. Die Hervorragungen, welche im Juli näher der südlichen Polarkalotte gesehen wurden, waren zudem heller als die mehr davon entfernten. Erwähnenswert ist auch, dass verschiedene Beobachter den Mars gezeichnet haben mit feinen Zacken oder Strichen, die von der Polarkalotte auslaufen. Möglicherweise sind dies Bergketten, auf deren Gipfeln der Schnee später schmilzt als in den umgebenden Ebenen. Auch ist es möglich, dass die Marsgebirge nicht hoch genug sind, um selbst an der Lichtgrenze gesehen zu werden, ausgenommen, wenn sie durch Schnee auf ihren Gipfeln sehr viel heller sind, als die umgebenden Flächen. Die Thatsache, dass die Hervorragungen nicht in gleicher Weise sichtbar waren vor und nach der Opposition, zeigt einen gewissen Zusammenhang mit den Jahreszeiten auf dem Mars, z. B. dem Schmelzen des Schnees auf den Berggipfeln zur Zeit des Sommers.

Man hat vermutet, dass die in Rede stehenden Hervorragungen Wolken seien, und diese Hypothese hat einiges für sich, im ganzen aber ist sie unbefriedigend. Wir sind zunächst nicht gewöhnt, eine ähnliche Dauerhaftigkeit, wie jene Hervorragungen zeigen, bei unseren irdischen Wolken anzutreffen. Jene Gebilde auf dem Mars sind Nacht für Nacht in der nämlichen Position gesehen worden; am 11. und 13. Juli z. B. waren sie zwei Stunden lang sicher und vielleicht noch länger sichtbar, also während eines Zeitraumes, in welchem 800 oder 900 Meilen des Planeten über die Lichtgrenze hinweggingen. Die Hervorragungen selbst wurden verursacht durch schmale und lange Objekte, welche in ihrer Lage mit permanenten Zügen der Oberfläche des Planeten korrespondierten. Helle Flecke, die monatelang ohne Änderung ihrer Lage verharrten, sind von Schiaparelli und anderen beobachtet worden. Wenn aber Schiaparelli's helle Flecke und die Hervorragungen, welche oben beschrieben wurden, Wolken zugeschrieben werden müssten, so könnten dieses wahrscheinlich nur solche Wolken gewesen sein, welche um kalte Berggipfel sich erhalten, wie wir ähnliches wohl tagelang an irdischen Bergen wahrnehmen können. Solches aber führt uns wieder zu der Gebirgshypothese zurück. Diese Theorie ist hier als Hypothese für weitere Forschungen aufgestellt worden; es wird nicht eher möglich sein, eine wirkliche Theorie aufzustellen, bis die Hervorragungen in verschiedenen Oppositionen des Mars genau beobachtet worden sind oder

wahrscheinlich während einer oder mehrerer des 15-jährigen Zyklus. Bei der diesmaligen Opposition sollte jede Hervorragung so genau als möglich gemessen werden, damit Länge und Breite derselben auf dem Mars daraus berechnet werden kann. Was aber auch immer die Ursache dieser Hervorragungen über die Lichtgrenze sein mag, so ist klar, dass die beobachteten Objekte nicht höher über der Marsoberfläche angenommen zu werden brauchen, als die Gebirge unserer Erde und des Mondes sind.

Das Spektrum des Mars ist von W. W. Campbell genauer und sehr systematisch untersucht worden[1]). Schon früher war dasselbe Gegenstand spektroskopischer Untersuchungen verschiedener Astronomen, so von Rutherfurd, Secchi, Janssen, Huggins, Vogel, Maunder. Die Untersuchungen dieser Spektroskopiker führten wesentlich zu dem nämlichen Resultate, nämlich, dass die Marsatmosphäre der unseren ähnlich ist und Wasserdampf enthält. Eine sorgfältige Untersuchung sämtlicher Publikationen führte Campbell jedoch zu der Überzeugung, dass einige jener Beobachtungen unter äusserst ungünstigen Verhältnissen angestellt wurden, und dass unter den verschiedenen Beobachtungsergebnissen keine genügende Übereinstimmung besteht. Eine Wiederholung der spektroskopischen Beobachtungen unter den auf Mount Hamilton vorhandenen sehr günstigen Verhältnissen schien ihm daher wertvoll. Zu letzteren rechnet er 1. den verbesserten spektroskopischen Apparat, 2. ein Teleskop von grosser Brennweite und entsprechend grosser Öffnung, 3. die Höhe des Observatoriums über dem Meere, 4. eine sehr trockene Luft, wie sie dort im Sommer vorherrscht, 5. die südliche Lage des Observatoriums und die starke nördliche Deklination des Mars, 6. die bessere Kenntnis des Spektrums unserer eigenen Atmosphäre, welche wir in den letzten Jahren gewonnen haben.

Campbell entwickelt die Bedingungen des Problems in folgender Weise: „Wir wissen durch Beobachtung, dass die der Sonne zugewandte Seite des Mars hell, die abgewandte dunkel ist, der Planet also in reflektiertem Sonnenlichte leuchtet. Das Spektrum des Mars muss also identisch sein mit demjenigen der Sonne, ausgenommen so weit es von der voraussichtlichen Marsatmosphäre modifiziert wird. Das Spektrum der Sonne besteht aus dem kontinuierlichen Spektrum, welches das Licht des Sonneninnern erzeugt, modifiziert oder unterbrochen durch Tausende von dunklen metallischen Linien, welche durch die Absorption in der Sonnenatmosphäre verursacht werden. Unsere eigene Atmosphäre modifiziert das Sonnenlicht, welches durch sie hindurch geht. Sie übt sowohl eine allgemeine Absorption aus, die das kontinuierliche Spektrum schwächt, als eine selektive Absorption, welche mindestens 1200 dunkle Linien hinzufügt. Diese dunklen tellurischen Linien bilden das, was man gewöhnlich das Spektrum unserer Atmosphäre nennt.

Wenn der Planet Mars von einer Atmosphäre umgeben ist, so übt diese unzweifelhaft eine Absorption auf das Sonnenlicht aus,

[1]) Publ. of the Astr. Soc. of Pacific **6.** Nr. 37. p. 228.

welches in sie eintritt. Die Lichtstrahlen, welche der Planet uns zusendet, haben ihren Ursprung in der Sonne, sie passieren einmal die Sonnenatmosphäre, treten dann in die Marsatmosphäre, werden zum Teile von der Oberfläche dieses Planeten, zum anderen Teile durch die inneren Schichten seiner Atmosphäre reflektiert und erreichen uns, indem sie die irdische Atmosphäre durchlaufen. Das Spektrum des Mars ist also das kombinierte Spektrum der Sonnen-, der Mond- sowie der Erdatmosphäre. Wenn Mars keine Atmosphäre besitzt, so zeigt sich sein Spektrum lediglich als das kombinierte Spektrum der Sonnen- und Erdatmosphäre.

Das uns vorliegende Problem würde praktisch unlösbar sein, wenn wir nicht ein geeignetes Mittel besässen, das Sonnen- und terrestrische Spektrum aus dem Marsspektrum auszuscheiden. Der Mond besitzt keine Atmosphäre, folglich ist sein Spektrum eine Kombination des Sonnen- und Erdatmosphärenspektrums. Wenn wir daher die Spektra des Mars und des Mondes, bei gleicher Höhe beider Gestirne über dem Horizonte, mit einander vergleichen und finden, dass eine wenn auch geringe Verschiedenheit zwischen ihnen besteht, so muss diese durch die Atmosphäre des Mars hervorgerufen worden sein. Findet sich dagegen kein Unterschied, so gewährt wenigstens das Spektroskop keinen Beweis für das Vorhandensein einer Marsatmosphäre.

Thollon hat in dem kombinierten Sonnen- und Erdatmosphärenspektrum drei sehr starke Liniengruppen gefunden, die durch gewisse konstante Elemente unserer Atmosphäre, wahrscheinlich den Sauerstoff, hervorgerufen werden. Es sind dies die Fraunhofer'schen Gruppen A, B und α, welche zusammen etwa 130 getrennte Linien umfassen. Die Gegenwart dieser Linien zeigt die Gegenwart der Atmosphäre an; sind sie stärker hervortretend im Marsspektrum als im Mondspektrum, so muss Mars eine Atmosphäre besitzen.

Thollon fand andere Liniengruppen, aus mindestens 1100 einzelnen Linien bestehend, welche vom Wasserdampf unserer Luft hervorgerufen werden.

Sie wurden von Thollon in folgende sieben Gruppen unterschieden:

1.	Wellenlänge	von	745	bis	716	(Fraunhofer's α)
2.	»	»	716	»	687	(unter B)
3.	»	»	660	»	646	(um H α herum)
4.	»	»	635	»	628	(nahe bei α)
5.	»	»	597	»	585	(um D herum)
6.	»	»	578	»	567	(Brewster's δ)
7.	»	»	548	»	542	

Die Gegenwart dieser Liniengruppen zeigt die Gegenwart von Wasserdampf an; sind sie im Marsspektrum hervortretender als im Spektrum des Mondes, so muss Wasserdampf in der Marsatmosphäre vorhanden sein. Wegen der Lichtschwäche des Mars- und Mondspektrums und der geringen Dispersion, welche dabei angewandt werden kann, ist

einleuchtend, dass die einzelnen Linien in diesen nicht unterschieden werden können, so dass diese nur als Gruppen oder Bänder in beiden Spektren auftreten werden. Die Beobachtung der Gruppe A, 745—716 und 716—687 ist unthunlich, da sie sich am äussersten roten Ende des Spektrums befinden, und sie blieben deshalb ausser Betracht. Die atmosphärischen Banden B und α sind leicht in beiden Spektren zu beobachten. Die Wasserdampfgruppen der Linien erfordern grosse Sorgfalt beim Beobachten, da wegen der geringen Dispersion des Spektrokops, welche man nur anwenden kann, die einzelnen Linien nicht nur einander selbst decken, sondern auch durch die Metalllinien des Sonnenspektrums, welche zwischen ihnen liegen, verdeckt werden. In der 7. Gruppe sind beispielsweise die Wasserdampflinien soviel schwächer als die benachbarten Metalllinien, dass wir diese Banden in der gegenwärtigen Frage nicht zu beachten brauchen. Aus denselben Gründen bildet auch die 6. Gruppe kein hinreichend sicheres Zeugnis für die Anwesenheit von Wasserdampf, ausgenommen in der Erdatmosphäre bei tiefem Stande der Himmelskörper am Horizonte. Nichtsdestoweniger ist die Gegend der 6. Gruppe sorgfältig im Spektrum des Mars und des Mondes untersucht worden. Die 4. Gruppe ist belanglos als Zeuge für den Wasserdampf, da die feinen Linien, aus denen sie besteht, stets von den starken atmosphärischen Linien der Gruppe α überdeckt sind. Nur die 3. und 5. Gruppe bleiben schätzbar. Von der 3. Gruppe fand ich den Teil zwischen den Wellenlängen 660 und 653 nicht vorteilhaft wegen der Gegenwart der sehr hervortretenden Liniengruppe H α des Sonnenspektrums und anderer Linien, die zwischen den relativ feinen Wasserdampflinien sichtbar sind. Zu meinem Gebrauche habe ich den Rest der 3. Gruppe in drei Teile geteilt, von denen jeder vorteilhaft zu beobachten ist. Der erste umfasst die Wellenlängen 615.5—620, im ganzen acht mässig dunkle Linien, von denen die meisten Wasserdampflinien sind. Bei allen angewandten Dispersionen erschienen sie mir als einfaches, sehr schmales Band oder Linie, welche ich c′ nennen werde. Der 2. Teil umfasst die Region von 649.1—650 und schliesst ein halbes Dutzend starker Metalllinien sowie einige starke Wasserdampflinien ein, alle zusammen zu einem schmalen dunklen Bande vermischt, welches ich c″ nenne. Der 3. Teil zwischen den Wellenlängen 646.3 und 649 enthält eine grosse Menge Wasserdampflinien und einige metallische Linien, die ein ziemlich breites Band c‴ bilden.“

Die 5. Gruppe hat Campbell in vier Teile getrennt, nämlich:

von	594.1—595.9	bezeichnet mit	d′
»	592.8—593.5	» »	d″
»	591.2—592.5	» »	d‴
»	588.4—590.6	» »	d⁗

Die Beobachtungen wurden auf die Gruppen B, α, c′, c″, c‴, d′, d″, d‴, d⁗ beschränkt, und von diesen waren α, c′, c‴, d′, d‴ am geeignetsten zur Untersuchung.

»Das Spektrum des Mars,« fährt Campbell fort, »wurde von mir in 10 Nächten zwischen dem 29. Juni und 10. August untersucht mit besonderer Aufmerksamkeit auf die erwähnten 9 Gruppen von Linien. In 8 Nächten verglich ich das Spektrum mit dem des Mondes, während Mars und Mond in gleicher Höhe über dem Horizonte standen. Die Vergleichungen der Spektra geschahen unter mannigfach abgeänderten Verhältnissen, doch so, dass diese für beide Himmelskörper die gleichen waren.

Die atmosphärischen und Wasserdampflinien wurden sowohl im Spektrum des Mars als in dem des Mondes gesehen, und zwar an Intensität abnehmend in dem Masse, als diese Himmelskörper höher über den Horizont stiegen, auch variierten die Wasserdampflinien in Intensität gemäss dem Grade der Feuchtigkeit unserer Atmosphäre. Jederzeit erschien das Spektrum des Mars vollkommen identisch mit demjenigen des Mondes in jeder Beziehung. Zu verschiedenen Zeiten bei hohem Stande des Planeten untersuchte ich die kritischen Liniengruppen, hauptsächlich α, auch darauf hin, ob die Enden der Linien, welche den Randgegenden des Mars entsprechen, stärker als ihre mittleren Teile, welche dem Zentrum der Scheibe entsprechen, erschienen, nichts dergleichen wurde bemerkt.

Die Intensität der kritischen Bande α z. B. war merklich grösser, wenn Mond und Mars nur 30^{0}, als wenn sie 55^{0} über dem Horizonte standen. Die relativen Dicken der durchlaufenen Schicht unserer Atmosphäre verhalten sich in diesem Falle wie 2:1.22. Wenn die Lichtstrahlen etwa des Mars einen Weg durch unsere Atmosphäre zurücklegen, welchen wir = 1 setzen, die Strahlen des Mondes einen solchen = $1\,^{1}/_{2}$, so ist die Intensität der Bande α im Spektrum des Mondes sicher grösser als im Spektrum des Mars. Thatsächlich bin ich überzeugt, dass ein Unterschied von $25\,^{0}/_{0}$ in der Länge dieser Wege, welche die Strahlen beider Himmelskörper zurücklegen, schon eine merkbare Differenz in der Intensität der Bande α verursachen würde.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind daher folgende:

1. Die Spektra des Mars und des Mondes erscheinen unter günstigen und identischen Verhältnissen in jeder Beziehung identisch. Die atmosphärischen und Wasserdampflinien in ihnen werden nur durch die Erdatmosphäre hervorgerufen. Die Beobachtungen gewähren daher keinen Nachweis für das Vorhandensein einer wasserdampfhaltigen Marsatmosphäre.

2. Die Beobachtungen beweisen nicht, dass Mars keine der unserigen ähnliche Atmosphäre besitzt, aber sie setzen der Ausdehnung dieser Atmosphäre eine obere Grenze. Das zu uns vom Mars kommende Sonnenlicht hat dessen Atmosphäre zweimal teilweise oder vollständig durchlaufen. Eine Zunahme von $25-50\,^{0}/_{0}$ in der Länge der durch unsere Atmosphäre durchlaufenen Schicht ruft einen merkbaren Effekt hervor, deshalb würde eine Marsatmosphäre, die

nur $^1/_4$ der Wirkung der unserigen ausübt, bei der angewandten Beobachtungsmethode entdeckt worden sein.

3. Wenn Mars eine merklich ausgedehnte Atmosphäre besitzt, so müsste deren absorbierende Wirkung sich hauptsächlich am Rande der Planetenscheibe bemerkbar machen. Solches ist aber nach meinen Beobachtungen nicht der Fall, so dass hiernach Mars eine ausgedehnte Atmosphäre nicht besitzt.

Da ich glaube, dass die Polarzone des Mars einen genügenden Beweis für das Vorhandensein einer Atmosphäre und von Wasserdampf liefert, so dürfte diese nicht in hinreichender Menge vorhanden sein, um spektroskopisch erkannt zu werden. Dieses Ergebnis ist von Bedeutung für die Fragen bezüglich der geringen lichtreflektierenden Kraft der Marsoberfläche und der wohlbekannten grösseren Helligkeit seiner Randpartien, in welchen beiden Beziehungen dieser Planet dem Monde ähnelt."

Untersuchungen über die Durchmesser der Planetoiden Ceres, Pallas und Vesta. E. E. Barnard hat gefunden, dass in dem 36-zolligen Lick-Refraktor die helleren Asteroiden deutliche Scheiben zeigen, und es deshalb unternommen, die Durchmesser von einigen der hellsten dieser Körper zu messen. Das Nachstehende ist der Hauptinhalt des Berichtes, den er darüber giebt[1]).

Schon früher hat man versucht, an kleinen Instrumenten die Durchmesser von Planetoiden mikrometrisch zu messen, allein die Ergebnisse waren sehr voneinander abweichend. Anderseits glaubte man, mit Hilfe photometrischer Messungen denselben Zweck erreichen zu können, indessen scheint diese Methode beträchtlich unsicher, weil sie von der Voraussetzung ausgeht, dass die Reflexionsfähigkeit der Oberfläche dieser Planeten die gleiche ist, wie diejenige eines anderen Planeten, den man zum Ausgangspunkte der Vergleichung nimmt. Eine derartige Voraussetzung ist sehr problematisch, und das Ergebnis kann bestenfalls nur annähernd richtig sein. Die folgenden Zahlen sind die Ergebnisse der früheren Messungen an den vier hellsten Asteroiden, sie wurden offenbar an Instrumenten erhalten, welche zu schwach waren für diese Art von Untersuchungen:

C e r e s: Herschel fand 1802 den scheinbaren Durchmesser: 0.127", Schröter 1805: 1.259", Galle 1839: 0.32", Knott 1866 0.510".

P a l l a s: Schröter fand den Winkeldurchmesser 1805: 1.626", W. Herschel 1807: 0.09", Lamont 1837: 0.26".

J u n o: Schröter fand für den scheinbaren Durchmesser derselben 1805: 1.444".

V e s t a: Schröter fand 1816 den Winkeldurchmesser: 0.313" Mädler 1847: 0.272", Secchi 1855: 0.428", Tacchini 1881: 0.830", Millosevich 1886: 0.597".

---

[1]) Astronomy and Astrophysics Nr. 125. p. 341.

Diese Winkelangaben sind voraussichtlich alle auf die Einheit der Entfernung reduziert.

Nachstehend folgen die Angaben für die Durchmesser dieser Asteroiden, welche Argelander aus photometrischen Bestimmungen abgeleitet hat:

Ceres:	230	englische Meilen
Pallas:	162	» »
Juno:	108	» »
Vesta:	275	» »

E. J. Stone bestimmte 1867 diese Durchmesser nach photometrischen Gründen und gestützt auf die direkten Messungen der Ceres und Pallas durch Herschel und Lamont wie folgt:

Ceres: 196, Pallas: 171, Juno: 124, Vesta: 214 Miles. Nach beiden Bestimmungen wäre also Vesta der grössere Körper. Die direkten Messungen am 36-zolligen Refraktor wurden mit 1000-facher Vergrösserung angestellt, sie beziehen sich auf Ceres, Pallas und Vesta, Juno soll später gemessen werden, sobald sie sich in günstiger Stellung befindet. Die Okularvergleichung derselben, ohne Messungen, zeigte übrigens, dass sie an Grösse der Scheibe mit Pallas und Vesta vergleichbar ist. Es fand sich, reduziert auf die Einheit der Entfernung:

Ceres:	scheinbarer	Durchmesser	1.330″ ± 0.064″	
	wahrer	»	599 ± 29	Miles
Pallas:	scheinbarer	»	0.605″ ± 0.033″	
	wahrer	»	273 ± 12	Miles
Vesta:	scheinbarer	»	0.527″ ± 0.033″	
	wahrer	»	237 ± 15	Miles

Während der Messungen war augenscheinlich, dass, obgleich Pallas und Vesta der Erde näher standen als Ceres, letztere doch zweimal grösser erschien als jene. Die Messungen bestätigten die Schätzung vollständig. Sämtliche drei Asteroiden erschienen vollkommen rund und von gleichförmigem Lichte. Pallas ist gelblich, Vesta schwach gelblich und Ceres weisslich. Die Scheiben dieser Planetoiden zeigten ausserdem durchaus nichts, was auf eine besonders dichte oder ausgedehnte Atmosphäre gedeutet hätte.

Die Masse des Jupiter. Eine neue Bestimmung dieser grössten und einflussreichsten planetarischen Masse unseres Systems hat Professor Simon Newcomb aus den Beobachtungen des Planetoiden Polyhymnia abgeleitet[1]). Diesem Werte ist unzweifelhaft ein sehr

---

[1]) Astron. Nachr Nr. 3249.

grosses Gewicht beizulegen, und er ist vielleicht der genaueste, welcher bis jetzt von der Masse Jupiters erhalten wurde. Bezeichnet man die Masse Jupiters als $\frac{1}{m}$ der Sonnenmasse, so hat man nach Professor Newcomb folgende Zusammenstellung der bis jetzt sichersten Werte für m:

		Gewicht
aus den Beobachtungen sämtlicher 4 Monde: m =	1047.82	1
aus der Wirkung auf Faye's Komet (Möller)	1047.79	1
aus den Störungen der Themis (Krueger)	1047.54	5
» » » des Saturn (Hill)	1047.38	7
» » » der Polyhymnia (Newcomb)	1047.34	20
» » » v. Winnecke's Komet (Haerdtel)	1047.17	10
Hieraus resultiert als mittlerer Wert:	1047.35	

Der rote Fleck auf dem Jupiter ist von J. Gledhill seit Anfang 1893 aufmerksam verfolgt worden. Bis zum März des Jahres 1894 war der Umriss des Fleckes niemals scharf, auch konnte innerhalb des elliptischen Umfanges keine Spur der roten Farbe mehr erkannt werden. Bisweilen war der nachfolgende Rand des Fleckes besser erkennbar als der voraufgehende, zu anderen Zeiten erschienen beide Enden deutlicher als die Mitte. Am besten zeigte sich der ganze Fleck am 23. Dezember 1893, als er nicht weit vom westlichen Rande des Jupiter stand[1]).

E. E. Barnard hat den roten Fleck während des Jahres 1894 anhaltend verfolgt[2]). Er bemerkt, dass derselbe (am 36-zolligen Lick-Refraktor) in seinen Umrissen noch gut begrenzt erschien, doch sei seine Farbe ausserordentlich abgeblasst. Das nachfolgende Ende des Fleckes erschien dunkler. Nach Barnard's Beobachtungen ist die Bewegung des Fleckes noch sehr nahe diejenige, welche Marth ihm früher zuschrieb. Auf der Oberfläche des Fleckes zeigten sich hellere Fleckchen.

Flecke auf der Scheibe des ersten Jupitermondes. Am 8. September 1890 beobachtete E. E. Barnard auf der Lick-Sternwarte, am 12-zolligen Refraktor den Vorübergang des I. Jupitermondes vor der Scheibe seines Planeten. Der Satellit erschien ihm als dunkler, länglicher Fleck auf einer hellen Region des Jupiter. An starker Vergrösserung zeigte er sich deutlich doppelt, und zwar beide Komponenten senkrecht stehend zur Richtung der Streifen des Jupiter. Burnham, darauf aufmerksam gemacht, sah während einer halben Stunde die gleiche Erscheinung. Bei späteren Gelegenheiten wurde der nämliche Satellit, wenn er über einen dunklen Teil der Jupiterscheibe hinwegzog, als heller, länglicher Fleck gesehen, und

---

[1]) Monthly Notices of the Roy. Astron. Soc. **54.** Nr. 7.
[2]) Astronomy and Astrophysics Nr. 129 p. 736.

zwar war seine Verlängerung alsdann parallel den Jupiterstreifen. Auf dem freien Himmelsgrunde erschien dieser Mond indessen stets völlig rund. Zur Erklärung der seltsamen Wahrnehmungen boten sich zwei Hypothesen. Nach der einen ist der Satellit wirklich doppelt, doch wurde diese wegen ihrer Unwahrscheinlichkeit längst aufgegeben. Nach der anderen ist der Satellit rund, hat aber einen hellen Äquatorialstreifen, während seine Pole dunkel sind, und er um eine Axe rotiert, die nahe senkrecht zu der Ebene seiner Bahn steht. In diesem Falle wird, sobald der Satellit bei seinem Vorübergange vor der Jupiterscheibe auf einem hellen Teile der letzteren steht, sein heller Äquatorialstreifen ihn scheinbar in zwei Teile teilen, und es werden nur die beiden dunklen Polarkappen sichtbar sein. Auf einem dunklen Streifen Jupiters werden umgekehrt diese letzteren nicht gesehen werden, sondern nur der helle Äquatorialstreifen, und der Satellit wird sich jetzt als ein längliches helles Fleckchen darstellen. Die Bestätigung dieser Erklärung konnte Professor Barnard am 25. September 1893 mit Hilfe des 36-zolligen Refraktors liefern. Der Satellit erschien an diesem Tage bei seinem Vorübergange zuerst als helles, längliches Fleckchen, als er auf der dunklen Region nahe dem Jupiterrande stand, später zeigte er sich als ein dunkler Doppelfleck genau so wie am 12-Zoller 1890. Allein in den Momenten grösster Bildschärfe wurde er bestimmt als kleine runde Scheibe erkannt mit dunklen Flecken an den Polen und einer hellen Äquatorialzone. Am 12. November wurde er unter ähnlichen Umständen wieder beobachtet und bot die gleichen Erscheinungen dar. Der beste Anblick der dunklen Polarkalotten und des hellen Streifens wurde am 19. November an 1000-facher Vergrösserung des 36-Zollers erhalten. Bei diesem Vorübergange zeigte sich der Satellit zum Teile auf seinen eigenen Schatten projiziert, zum anderen Teile auf dem südlichen Rande des Äquatorialstreifens des Jupiter und zum Teile auf einer hellen Region dieses Planeten. Unter solchen Umständen und bei sehr guten Bildern bot dieser Mond einen herrlichen Anblick im grossen Teleskope dar, er erschien fast körperlich, wie eine kleine Kugel. Durch diese Beobachtung ist die letztgenannte Hypothese als thatsächlich richtig erwiesen. Der helle Äquatorialstreif des Trabanten ist nicht genau parallel den Jupiterstreifen, so dass eine geringe Neigung der Rotationsaxe des Satelliten wahrscheinlich ist. Ferner erschien die südliche dunkle Polarkalotte bisweilen etwas schmaler, als die nördliche, so dass der südliche Rotationspol dieses Mondes damals von uns abgewendet war. Professor Barnard glaubt ferner, auf Grund gewisser Eigentümlichkeiten im Aussehen des hellen Streifens, dass die Rotationsdauer dieses Satelliten nicht zusammenfällt mit seiner Umlaufszeit um den Jupiter[1]).

---

[1]) Monthly Notices of the Roy. Astron. Soc. **54.** Nr. 3. p. 134.

Neue Beobachtungen über das Aussehen der Jupitermonde hat William H. Pickering auf der hochgelegenen temporären Lowell-Sternwarte zu Flagstaff in Arizona angestellt[1]).

Er bediente sich dabei des 18-zolligen Brashear-Refraktors und fand damit, sowie auch mit einem 12-zolligen und teilweise sogar mit einem 6-zolligen Refraktor, vollkommene Bestätigung seiner früheren Wahrnehmungen zu Arequipa[2]). Besonders die anomalen Formen des I. und III. Mondes waren klar und zweifellos zu erkennen. Oberflächendetail wurde auf diesen und auf dem IV. Monde deutlich wahrgenommen. Dem I. Monde schreibt er vorläufig eine Rotation in retrograder Richtung und von $13^h\ 3^m\ 9.3^s$ Dauer zu und giebt eine Ephemeride, aus der die Hauptphasen seiner Gestalt zu entnehmen sind. Beobachtungen dieser Formen erfordern nach Pickering weniger einen sehr grossen Refraktor als völlig klare, ruhige Luft.

Die Grössenverhältnisse der Saturnsscheibe. Versuche, die Grössenverhältnisse der Saturnsscheibe, überhaupt des Saturn und seiner Ringe zu bestimmen, sind im gegenwärtigen Jahrhunderte von vielen, an grösseren Instrumenten beobachtenden Astronomen angestellt worden. Indessen finden sich zwischen den Ergebnissen so ausgezeichneter Beobachter, wie z. B. W. Struve und Bessel, sehr grosse, nämlich bis zu 0.9" steigende Unterschiede, und selbst die Messungen von Kaiser in den Jahren 1862—1866 ergaben höchst auffallende Unterschiede. Hermann Struve veröffentlicht nun die Ergebnisse einer neuen Beobachtungsreihe und verbreitet sich dabei auch über diese Messungen überhaupt und die früheren Resultate[3]). Er hebt zunächst hervor, dass infolge der unvollständigen Vereinigung der durch das Objektiv des Fernrohrs hindurchgegangenen Lichtstrahlen, ferner infolge der Diffraktion und der Unstetigkeit der Atmosphäre, die Schärfe der Begrenzung einer Planetenscheibe erheblich vermindert wird, wozu noch der Umstand kommt, dass wegen der Dispersion des Lichtes in der Luft der obere Rand einer solchen Planetenscheibe verschiedene Färbung zeige. Nicht minder trage die Abnahme der Helligkeit des Planeten von der Mitte gegen den Rand der Scheibe hin, zusammen mit der Wirkung der Atmosphäre desselben, dazu bei, die Schärfe der Randbegrenzung zu vermindern. Alles zusammen verursache, dass die Genauigkeit der Messungen wesentlich hinter derjenigen, die bei Doppelsternen erreichbar ist, zurückbleibe. Ferner habe die Erfahrung gezeigt, dass die Durchmesserbestimmungen in gewissem Grade von der Art des benutzten Mikrometers abhängen; Doppelbildmikrometer geben gewöhnlich kleinere Werte als Fadenmikrometer, und die Ursache dieses Verhaltens

---

1) Astronomy and Astrophysics Nr. 129. p. 728 u. ff.
2) Siehe über dieselben dieses Jahrbuch **4.** p. 18 u. ff.
3) Monthly Notices of the Roy. Astron. Soc. **54.** Nr. 8. p. 452 u. ff.

ist noch nicht genügend aufgeklärt. Zweifellos sind Messungen, bei denen ein dunkler Faden mit einem hellen Planetenrande zur Berührung gebracht wird, leicht konstanten Fehlern unterworfen, und ähnliches mag beim Kontakte zweier Bilder im Heliometer der Fall sein. Jedenfalls aber ist nach Struve's Meinung die Beobachtung mit einem Fadenmikrometer an einem sehr mächtigen Refraktor derjenigen an einem kleinen Heliometer dadurch überlegen, dass das Bild im Brennpunkte erheblich grösser ist, und die nämliche Vergrösserung mit schwächeren Okularen erhalten werden kann.

Hermann Struve hat am 30-zolligen Refraktor nur gelegentlich eine kleine Anzahl von direkten Messungen des Saturn ausgeführt, allein seine zahlreichen Messungen der Satellitenabstände liefern auf indirektem Wege Bestimmungen dieser Grösse, welche an Genauigkeit den direkten Messungen vergleichbar sind. Besonders Rhea und Titan haben je zwei Reihen von Messungen geliefert, die zu obigem Zwecke sehr tauglich sind, dann Hyperion sechs Reihen, die jedoch weniger scharfe Resultate ergeben.

Die Messungen des Titan im März und April 1891 ergaben, dass bei den besseren Luftverhältnissen die Durchmesser etwas kleiner ausfielen als bei schlechter Luft, ein Ergebnis, das auch anderweitig schon bekannt ist. Die Endergebnisse der oben erwähnten vier Reihen sind folgende:

Aus den Beobachtungen		Äquatorialdurchmesser	Polardurchmesser	Abplattung
der Rhea	1889	17.230"	12.333"	0.1100
»	1890	17.352	15.650	0.0981
des Titan	1891	17.579	15.798	0.1013
»	1892	17.722	15.635	0.1108
Mittel (aus 93 Messungen)		17.471"	16.635"	0.1050

Die Unterschiede in den einzelnen Reihen sind noch immer beträchtlich und grösser, als H. Struve erwartet hatte.

Eine andere Methode zur Bestimmung der Dimensionen eines Planeten bietet die Beobachtung der Verfinsterungen seiner Satelliten. Dieselbe ist frei von den Schwierigkeiten der direkten Messung, verlangt aber dafür eine genaue Kenntnis der Bahnen dieser Satelliten. Struve's Beobachtungen der Saturnsmonde während mehrerer Jahre am 30-Zoller der Sternwarte zu Pulkowa haben die Bahnen der Saturnsmonde mit einem solchen Grade der Genauigkeit kennen gelehrt, dass es gerechtfertigt erscheint, die Verfinsterungen dieser Satelliten und die Vorübergänge des Titan, welche in den Jahren 1890—1892 gelegentlich beobachtet wurden, zu benutzen, und daraus Werte für die Dimensionen des Saturn abzuleiten. Struve hat dies ausgeführt, indem er vier Beobachtungen der Trabanten Tethys und Dione zu Pulkowa und vier der Rhea zu Princeton im April 1891 untersuchte. Die ersteren ergaben im Mittel als Äquatorialhalbmesser des Saturn 8.720", die anderen 8.716". Die Übereinstimmung dieser

Werte sowohl unter sich als mit den oben angegebenen Resultaten der direkten Messungen ist höchst befriedigend. Struve bringt jedoch an obigen Werten noch eine Korrektion an wegen der Durchmesser der Satelliten und der Wirkung des Halbschattens und findet dann als definitiven Wert aus den obigen Beobachtungen:

Äquatorialdurchmesser . . .	17.500"
Polardurchmesser	15.775
Abplattung	0.0986.

Über die Rotation des Saturn. Die Rotation des Saturn wurde 1793 von William Herschel entdeckt durch Wahrnehmung von Veränderungen im Aussehen eines fünffachen Streifens auf der südlichen Hälfte des Planeten. Herschel schloss, dass die Umdrehungsdauer $10^h\ 16^m\ 0.4^s$ betrage mit einer Unsicherheit von weniger als 2 Minuten. Diese Beobachtungen erstreckten sich über einen Zeitraum, der 154 Rotationen umfasst. Erst nach Verlauf von 83 Jahren gelang es, das Herschel'sche Resultat durch weitere Beobachtungen zu prüfen. Prof. Hall entdeckte im Dezember 1876 einen hellen Fleck nahe dem Äquator des Saturn, und die Diskussion der Beobachtungen dieses Fleckes führte auf eine Rotationsdauer von $10^h\ 14^m\ 23.8^s \pm 2.30^s$. Im Frühjahre 1891 fand Williams eine Reihe heller Flecke in der hellen Zone südlich vom Äquator, und aus den von ihm publizierten Beobachtungen von vier hellen und einem dunklen Flecke wurde von Marth eine Periode von $10^h\ 14^m\ 21.84^s$ abgeleitet. An diesen hellen Flecken wurde während der Opposition im Jahre 1892 eine grosse Anzahl von Beobachtungen gemacht, welche zwar bisher noch nicht berechnet sind, aber wahrscheinlich annähernd durch die Rotationsperiode von $10^h\ 13^m\ 38.4$ dargestellt werden.

Nachstehendes sind nach den Zusammenstellungen von Stanley Williams[1]) die Ergebnisse, welche aus den Beobachtungen während der Opposition im Jahre 1893 und deren Berechnung sich ergeben. Die Beobachtungen sind zum grössten Teile am $6^1/_2$-zölligen Reflektor bei 225- bis 320-facher Vergrösserung angestellt, und zwar wurde entweder die Zeit direkt gemessen, in welcher der Fleck durch den Zentralmeridian der Planetenscheibe ging, oder der Durchgang durch den Zentralmeridian wurde aus Beobachtungen vor und nach dem Durchgange durch denselben geschätzt, oder es wurde der Durchgang durch einen anderen Meridian beobachtet. Das Gewicht dieser 3 Beobachtungsmethoden war nicht gleich und wurde bei der Berechnung der Ergebnisse berücksichtigt. Während des Jahres 1893 wurden sowohl dunkle Flecke auf einem deutlichen, doppelten Gürtel in der nördlichen Hemisphäre und helle Flecke in der Äquatorialzone beobachtet.

---

[1]) Monthly Notices of the Roy. Astron. Soc. **54.** p. 2.

Von den siebzehn dunklen Flecken der nördlichen Halbkugel zwischen den Breiten 7^{0} und 37^{0}, für welche die Beobachtungen in besonderen Tabellen zusammengestellt sind, mussten sechs von der weiteren Diskussion ausgeschlossen werden, weil die Beobachtungen derselben für den vorliegenden Zweck nicht ausreichend waren. Die übrigen elf lassen sich in zwei Gruppen von je fünf bringen nach der Länge der Perioden, die sie geben, während ein Fleck einen Wert giebt, der nahezu in der Mitte zwischen denen der beiden Gruppen liegt. Das Mittel aus den Perioden der Gruppe A (aus dem 1., 2., 4., 5. und 17. Flecke) ist $= 10^{h}\ 14^{m}\ 29.07^{s} \pm 0.27^{s}$, das der Gruppe B (aus dem 6., 7., 9., 11., 13. Flecke bestehend), ist $= 10^{h}\ 15^{m}\ 0.74^{s} \pm 0.56^{s}$, die Differenz beider beträgt also mehr als $^{1}/_{2}$ Minute, nämlich 31.67^{s}. Hieraus folgt, dass die Oberfläche in derselben Breite mehr als 1 Minute schneller rotierte an der einen Seite des Planeten, wie an der anderen Seite, eine Verschiedenheit, die auf dem Jupiter gewöhnlich ist, aber dort nicht den Betrag erreicht, wie hier. Am 5. Mai erstreckten sich die Flecke der Gruppe A vom $45.^{0}$ der Länge bis zum $140.^{0}$, während die Flecke der Gruppe B die Länge von 175^{0} bis 340^{0} einnahmen.

Die hellen, äquatorialen Flecke, von denen fünf beobachtet wurden, waren durchschnittlich etwas lichtstärker als die helle Äquatorialzone, und ungefähr rund, hatten etwa 2″ im Durchmesser, waren aber an den Rändern sehr unscharf, so dass die Grenze schwer zu bestimmen war. Die Beobachtungen an diesen Flecken, die gleichfalls in einzelnen Tabellen zusammengestellt und zu Mittelwerten vereinigt sind, ergeben ein Gesamtmittel der Rotation von $10^{h}\ 12^{m}\ 59.36^{s} + 0.27^{s}$, während ein heller Fleck eine um mehr als 13^{s} kürzere Periode ergiebt. Nimmt man auch hier den 5. Mai als Zeitpunkt der Verteilung der Flecke auf dem Saturn, so findet man, dass die Äquatorialzone des Planeten zwischen den Längen 0^{0} und 140^{0} mit der Geschwindigkeit von $10^{h}\ 12^{m}\ 59.36^{s}$ rotierte, während sie zwischen den Längen 140^{0} bis 360^{0} schneller rotierte, nämlich $10^{h}\ 12^{m}\ 45.8^{s}$.

Vergleicht man die hier gefundenen Zahlen mit den durch die Beobachtungen von 1891 und 1892 gewonnenen, so ergiebt sich eine stetige Beschleunigung in der Bewegung der hellen Äquatorialflecke, entsprechend einer Abnahme der Rotationsperiode. Wir haben nämlich:

Rotationsperiode	1891 =	10^{h}	14^{m}	21.8^{s}
»	1892 =	10	13	38.4
»	1893 =	10	12	59.4

Ähnliche Veränderungen sind beim Planeten Jupiter nicht ungewöhnlich, obwohl sie nicht so schnell eintreten. So dauerte es in der entsprechenden Gegend vom Jupiter acht Jahre, bis die Rotation sich um $^{1}/_{2}$ Minute geändert.

»Es ist gegenwärtig nicht klar, in welcher Weise diese Änderungen auf Saturn vor sich gehen. Sie können eintreten: 1. durch eine stetige oder kontinuierliche Zunahme oder Abnahme; 2. durch plötzliche Änderung in der Bewegungsgeschwindigkeit, ähnlich den jüngst auf Jupiter beobachteten; 3. dadurch, dass alte Flecke verschwinden, und neue nach und nach auftreten, welche eine schnellere oder langsamere Bewegung besitzen. Der erste dieser drei Wege kann sofort ausgeschlossen werden, da die Beobachtungen zeigen, dass eine solche stetige Änderung nicht existiert; es bleibt somit nur einer der beiden anderen übrig.«

Über den Trabanten des Neptun hat H. Tisserand in der französischen Astronomischen Gesellschaft interessante Mitteilungen gemacht[1]). Dieser Mond ist 14. Grösse, kann also nur in äusserst kräftigen Ferngläsern gesehen werden. Seine Bewegung ist, wie diejenige der Uranusmonde, rückläufig, dabei wird er in seiner Bahn von keinem anderen Satelliten gestört, so dass man erwarten muss, er werde sich völlig genau gemäss den Kepler'schen Gesetzen bewegen. Vor etwa fünf oder sechs Jahren zeigte jedoch Marth, dass die von 1852 bis 1883 angestellten Beobachtungen des Neptuntrabanten eine Veränderung der Bahnlage desselben nachweisen, indem die Neigung ihrer Ebene zur Ebene der Neptunbahn während dieser Zeit um 5^{0} zugenommen hat. Dieses Ergebnis ist durch die Beobachtungen von H. Struve zu Pulkowa völlig bestätigt worden. Diese Störung der Lage der Bahnebene ist unzweifelhaft der Abplattung des Neptun zuzuschreiben, allein da die Scheibe des letzteren uns nur unter einem Winkel von 2″ erscheint, ist es unmöglich, die Abplattung zu erkennen oder gar zu messen. Fiele die Bahnebene des Trabanten mit der Äquatorebene des Neptun zusammen, so würde diese Koinzidenz immer bestehen bleiben; allein wenn beide sich unter einem Winkel schneiden, so muss die Bahnebene gegen die Äquatorialebene verschoben werden, während der Winkel beider unverändert bleibt. Durch Beobachtungen, welche zwei oder drei Jahrhunderte umfassen, würde es möglich werden, die Lage des Kreises, welchen der Pol der Bahnebene des Satelliten und der auf die Himmelskugel projizierte Pol der Axe des Neptun beschreibt, zu bestimmen. Dadurch würde man also zur Kenntnis der Richtung dieser Axe gelangen. Bis heute liegen die erforderlichen Beobachtungen natürlich noch nicht vor, und man kann nur schliessen, dass jener Winkel zwischen 20^{0} und 25^{0} beträgt, und dass die Abplattung des Neptun kleiner als $^{1}/_{100}$ sein muss.

Beobachtungen des Neptunmondes sind in den Jahren 1885 — 1893 auf der Sternwarte zu Pulkowa am dortigen 30-zölligen Refraktor angestellt und von Hermann Struve diskutiert worden[2]).

---

[1]) Nature **49.** p. 543.
[2]) Memories of the St. Petersburgh Imperial Academy **42.** Nr. 4.

Das Ergebnis dieser Untersuchungen bezüglich der Bahn des Satelliten ist:

Länge des Trabanten, gezählt vier Knoten, 234.42°; mittlere tägliche Bewegung 61.257 48°, Knoten (auf dem Äquator) 185.15° + 0.148°. (t — 1890), Neigung (gegen den Äquator) 119.35° — 0.165°. (t — 1890). Halbe grosse Axe der Bahn nach H. Struve's Messungen: 16.271″; die Beobachtungen zu Washington ergaben dafür Werte zwischen 16.263″ und 16.602″. Masse des Neptun $^1/_{19396}$. Von der Exzentrizität der Bahn des Neptunmondes kann nur mit Sicherheit behauptet werden, dass sie geringer ist als 0.01; H. Struve's Messungen allein ergaben dafür 0.007.

Mond.

Der Mondhalbmesser nach den während der totalen Mondfinsternisse am 4. Oktober 1884 und 28. Januar 1888 beobachteten Sternbedeckungen. Auf Vorschlag von W. Döllen sind während jener Finsternisse an vielen Sternwarten Beobachtungen von Sternbedeckungen angestellt worden, um daraus einen zuverlässigen Wert des Monddurchmessers zu erhalten Diese Methode der Bestimmung des Mondhalbmessers hat den Vorteil, dass in der kurzen Zeit von wenigen Stunden viele Beobachtungen von Ein- und Austritten am dunklen Mondrande gesammelt werden können, während man sonst in den günstigsten Fällen, z. B. bei Plejadenbedeckungen, entweder nur die Eintritte oder nur die Austritte am dunklen Rande erhält und daher zur Ableitung genauer Resultate gezwungen ist, auch die Beobachtungen am hellen Rande, welche immer zu grosse Werte für den Halbmesser liefern, zu benutzen. Über die Bearbeitung der während der beiden Finsternisse gesammelten Beobachtungen hat L. Struve in zwei Abhandlungen berichtet, von denen die eine, sich nur auf die Finsternis von 1884 beziehende, im Jahre 1889, die andere, welche die Beobachtungen während beider Finsternisse zusammenfasst, vor kurzem unter dem Titel: „Bearbeitung der während der totalen Mondfinsternisse am 4. Oktober 1884 und 28. Januar 1889 beobachteten Sternbedeckungen", erschienen ist. Die Ausdehnung der Rechnungen auf die Finsternis von 1891 verspricht keine wesentliche Verbesserung der gefundenen Resultate, da während dieser Finsternis wegen Ungunst der Witterung nur eine verhältnismässig kleine Zahl von Beobachtungen, und auch diese meist unter ungünstigen Umständen, erhalten werden konnte.

Die Hauptergebnisse seiner Untersuchungen teilt nun Struve in den Astron. Nachr. (No. 3226) zusammenfassend mit. Die Rechnung zeigte, dass manche Beobachtungen ausgeschlossen werden mussten, auch ergab sich, dass die Sicherheit der Beobachtungen 1888 mit zunehmender Schwäche der Sterne abnahm, damals war die verfinsterte Mondscheibe auffallend hell, 1884 dagegen sehr dunkel. Der Mond

war 1888 also während der Totalität noch so hell, dass er die Auffassung des wirklichen Moments der Bedeckungen bei den sehr lichtschwachen Sternen nicht gestattete. Im ganzen wurden 488 Beobachtungen zur Ableitung eines definitiven Wertes benutzt, und sie lieferten als wahrscheinlichsten Halbmesser des Mondes 15′ 32.645″ mit einem wahrscheinlichen Fehler von $\pm$ 0.044″. Dieser Wert bezieht sich auf eine Entfernung des Mondes vom Erdmittelpunkte, welche der Parallaxe 57′ 2.27″ (nach Hansen) entspricht. Ist diese Parallaxe um $\Delta\pi$ unrichtig, so verändert dies den oben gefundenen Wert des Mondhalbmessers um $+0.181'' . \Delta\pi$. Das Verhältnis k des Mondradius zum Radius des Erdäquators ergab sich zu:

$$k = 0.272\,535 + 0.000\,054\,\Delta\pi.$$

Eine etwaige Abplattung des Mondes liess sich nicht deutlich aus den Beobachtungen erkennen, sie könnte höchstens $\frac{1}{1300}$ sein, viel zu gering, um verbürgt zu werden.

Eine photographische Mondkarte. Professor Langley erörtert den Plan [1]) der Herstellung einer grossen Mondkarte durch lediglich photographische Aufnahmen des Mondes (ähnlich den Aufnahmen auf der Lick-Sternwarte) und spätere Vergrösserung dieser Aufnahmen. Er glaubt, dass damit den Geologen und Selenographen ein Mittel geboten sei, die Oberfläche des Mondes mit allem Detail zu studieren, welches die mächtigsten Fernrohre gegenwärtig zeigen. Dies ist freilich ein Irrtum, der nur davon herrühren kann, dass Professor Langley den Mond selbst nicht genügend am Fernrohre beobachtet und mit vergrösserten Photographien verglichen hat. Die photographische Aufnahme ist allen Zeichnungen von Mondlandschaften weit überlegen in bezug auf Treue und Vollständigkeit des gröberen Bergdetails. In dieser Beziehung kann ihr Wert nicht hoch genug angeschlagen werden, und wird sie die Grundlagen für genauere Mondkarten als wir bis jetzt haben, abgeben können. Auch darin leistet sie erhebliches, dass sie gelegentliche Übersehen der zeichnend arbeitenden Mondforscher, also z. B. Auslassungen einzelner Krater auf den Karten von Mädler und Schmidt, als solche kennzeichnet. Dagegen steht sie an Detailreichtum im einzelnen sehr erheblich gegen das Bild zurück, welches ein guter Refraktor von fünf oder sechs Zoll Öffnung unter gleichen äusseren Verhältnissen dem Beobachter gewährt.

Dass dies wirklich der Fall ist, beweisen die Vergrösserungen von Mondphotographien der Lick-Sternwarte, welche W. Prinz hergestellt hat, der schon vor Langley die Idee eines photographischen Mondatlas veröffentlicht hat, ohne freilich in den Irrtum zu verfallen, dass

---

[1]) Report of the Secretary of the Smithsonian Inst. Washington 1894 p. 16.

ein solcher Atlas mehr Details enthalten werde, als ein Fernrohr von mässigen Dimensionen dem Auge direkt zeigt[1]).

Der Ursprung der Mondformationen, besonders der Krater, ist Gegenstand einer Studie von G. K. Gilbert gewesen[2]). Derselbe kommt zu den Ergebnisse, dass nur die Meteoritentheorie, nach welcher die Kratere Eindrücke durch den Zusammenstoss oder das Herabfallen grosser Meteore auf den Mond sind, zulässig ist. Indessen muss nach Gilbert angenommen werden, dass die Meteore eine besondere Lage gegen den Mond hatten. Wären nämlich die Meteore aus allen Himmelsgegenden gekommen, so wäre ihre Bahn in der Nähe des Mondes bei dessen geringer Schwerkraft eine fast geradlinige geblieben, sie hätten die Mondoberfläche unter allen möglichen Winkeln getroffen, und zwar die meisten unter 45°. Dann müssten also die von ihnen herrührenden Eindrücke vorwiegend elliptisch sein, und zwar weit stärker als es die Mondkrater nach Gilbert's Messungen (an Photographien) sind. Wenn dagegen die Meteore ursprünglich einen mit der jetzigen Mondbahn zusammenfallenden (oder damit konzentrischen) Ring ähnlich denen des Saturn bildeten und aus ihnen der Mond durch Vereinigung entstand, so erfolgte die Bewegung des Mondes mit der mittleren Umlaufsgeschwindigkeit der Meteore und in demselben Sinne, die relative Durchschnittsgeschwindigkeit beider war also Null, abgesehen von der durch die Schwerkraft des Mondes bewirkten. Die Meteore stürzten jetzt also senkrecht auf die Mondoberfläche, und ihre Eindrücke mussten kreisförmig werden. Dadurch erklärt sich denn auch zugleich, dass die Meteore von einer sonst nicht gewöhnlichen Grösse waren. Da ihre Geschwindigkeit $^1/_2$—1 mile betrug, so genügte die entstehende Wärme vollständig zur Schmelzung der Massen an der Kontaktstelle, und zwar um so eher, je grösser die herabstürzenden Massen waren. Denn während die Grösse der Berührungsstelle nur mit der zweiten Potenz des Radius wächst, steigt die Energie mit der dritten, daher denn auch die inneren grossen Ebenen, das Merkmal der Schmelzung, auf grössere Kratere beschränkt sind. Dass an Stelle der zentralen Ebenen zuweilen flache Gewölbe entstehen, beruht vielleicht auf dem nachträglichen Emporquellen des flüssigen Innern infolge eines Zusammenstosses in der Nähe. Dass die Kratere regellos über die Mondfläche verteilt sind, obwohl die Meteore annähernd in der Äquatorebene auffielen, liegt daran, dass sich die Drehungsaxe des Mondes durch die fortwährenden Zusammenstösse fortwährend änderte. Im Zusammenhange mit den Kratern stehen nach Gilbert auch zahlreiche Linien in der Oberfläche, die nach dem mare imbrium zu konvergieren, ohne in dieses einzutreten, in seiner Umgebung werden zugleich die Oberflächenformen gerundeter. Es soll daher am mare

[1]) Sirius 1894 p. 219.
[2]) Bull. Phil. Soc. of Washington **12.** p. 241.

imbrium einst ein besonders heftiger Zusammenstoss stattgefunden haben, bei dem von dem umherspritzenden Materiale die flüssigen Teile sich in den tieferen Gegenden sammelten, so dass ihre Oberflächenformen verschleiert sind. Die grösseren festen Klötze kratzten dabei in die Oberfläche jene tiefen (mehr als 2000 miles langen und der Grösse nach etwa dem Grand Cannon des Colorado vergleichbaren) Rillen, von denen ebenfalls mehr als die Hälfte auf das mare imbrium gerichtet sind.

Eine grössere Abhandlung, welche den Versuch macht, die eigentümliche Gestaltung der Mondoberfläche zu erklären, veröffentlicht Geh. Bergrat E. Althans[1]). Er kommt an der Hand eines experimentellen Nachweises zu dem Ergebnisse, dass die Kratergebilde des Mondes durch Massenaufsturz auf feste Unterlagen entstanden sind. Selbst für die Entstehung der Mare genügt die Annahme des Aufsturzes grosser kosmischer Massen. Bei solchen Vorgängen mussten umfangreiche Schmelzungen und damit auch die Bedingungen zur Bildung von Zentralbergen entstehen, so dass dazu das Vorhandensein einer zähflüssigen Mondoberfläche nicht erforderlich ist. Schiessversuche auf Panzerplatten und Panzertürme liefern einen Beleg für die Entstehung von kraterförmigen Gebilden durch Massenaufsturz auf feste Unterlagen.

Kometen.

Die Kometen des Jahres 1893. Eine Zusammenstellung der Kometenerscheinungen des Jahres 1893 auf grund des gesamten Beobachtungsmaterials und der darauf basierten Rechnungen giebt, wie alljährlich, Prof. G. Kreutz[2]). Folgendes ist ihr entnommen:

Komet 1892 I. Die zunehmende Lichtschwäche hat im Jahre 1893 nur noch wenige Beobachtungen des Kometen gestattet; zuletzt ist derselbe am 16. Februar in Strassburg beobachtet worden.

Komet 1892 II. Die einzige, im Jahre 1893 noch erhaltene Beobachtung des Kometen ist die in Strassburg vom 12. Januar. Der Komet hatte an diesem Tage das Aussehen eines äusserst schwachen Nebels von 30" Ausdehnung mit etwas hellerer Mitte.

Komet 1892 III (Holmes). Das veränderte Aussehen des Kometen am 16. Januar 1893 ist ausser in Wien und Strassburg, auch in Nordamerika allgemein bemerkt worden. Am 14. Januar wurde der Komet noch von Hough in Evanston als schwacher Nebel von 2' Durchmesser beobachtet, so dass es sicher ist, dass die rapide Helligkeitszunahme erst zwischen diesem Datum und dem 16. vor sich gegangen sein muss. In seinem ganzen späteren Verhalten zeigte der Komet ein vollständiges Analogon zu dem Aussehen im November und Dezember 1892. Mitte Februar erschien er, wie im Dezember, als ein matter, blasser Nebelfleck von 5' bis 10' Durchmesser; Anfang März erlaubte die zunehmende Lichtschwäche nur noch Ortsbestimmungen in grossen Refraktoren; Anfang April war er zwar noch

---

[1]) Gaea 1895 p. 7 u. ff.

[2]) Vierteljahrsschrift der Astron. Gesellschaft **29.** p. 57 u. ff.

als äusserst schwacher Lichtschimmer zu erkennen, erwies sich aber zu schwach zur Beobachtung. Die letzte Ortsbestimmung ist von Palisa in Wien am 13. März angestellt worden.

Da die Möglichkeit eines neuen Lichtausbruches nicht ausgeschlossen war, hatte Boss für die Monate Juli bis September 1893 weitere Ephemeriden des Kometen veröffentlicht, die aber zu einer Wiederauffindung nicht geführt haben.

Die spektroskopischen Beobachtungen im Januar und Februar 1893 ergaben dasselbe kontinuierliche Aussehen des Spektrums wie im November 1892; nachzutragen zu dem vorjährigen Berichte wäre nur noch, dass Campbell am 24. November eine Spur des grünen Landes zu erkennen glaubte. Eine photographische Aufnahme des Kometen am 8. November 1892 von Barnard auf Mount Hamilton ist in Astronomy and Astrophysics 12. p. 193 reproduziert; ferner finden sich Zeichnungen von Denning, gleichfalls aus dem November, in derselben Zeitschrift p. 289. Über photographische Aufnahmen im Januar und Februar 1893 berichtet Roberts in Monthly Notices 58. p. 332.

Aus 3 Normalörtern vom 12. November, 14. Dezember und 18. Januar hat Boss Elemente abgeleitet, welche wegen des grösseren Zeitintervalls denjenigen von Schulhof vorzuziehen sein dürften. Dieselben lauten:

Epoche 1892 Dezember, 13.5 mittlere Zeit von Berlin:

$$M = 26^\circ\ 9'\ 34.6''$$
$$\left.\begin{aligned}\pi &= 345^\circ\ 53'\ 28.8''\\ \Omega &= 331^\circ\ 41'\ 14.0''\\ i &= 20^\circ\ 47'\ 16.5''\end{aligned}\right\}\ \text{M. Äqu. 1892.0}$$
$$\varphi = 24^\circ\ 11'\ 52.4''$$
$$\mu = 513.9093''$$
$$\log a = 0.559413$$
$$U = 6.9045\ \text{Jahre}$$
$$T = \text{Juni 1892, 13.25 mittlere Zeit von Berlin.}$$

Der nächste Periheldurchgang würde hiernach in den Monat Mai 1899 fallen.

Von den zahlreichen Hypothesen, die über die Ursachen des Lichtausbruches des Holmes'schen Kometen aufgestellt sind, wird die Corrigan'sche, welche einen Zusammenstoss mit Asteroiden annimmt, schon wegen ihrer inneren Unwahrscheinlichkeit zurückgewiesen werden müssen. Auch spricht gegen sie der Umstand, dass die Januar- und Februarbeobachtungen sich mit den früheren durchaus in eine Bahn vereinigen lassen, dass also eine nachweisbare Verschiebung des Kernes nicht stattgefunden hat. Über die übrigen Hypothesen, welche teils mechanische Vorgänge im Kometen selbst, teils elektrische Wirkungen als Ursache annehmen, wird sich zur Zeit kaum ein einigermassen sicheres Urteil fällen lassen.

Komet 1892 IV. Auf der nördlichen Halbkugel hat den Kometen vor dem Perihele zuletzt Holetschek in Wien am 19. Dezember 1892 tief am Horizonte in der Helligkeit eines Sternes 5. bis 6. Grösse beobachtet. Auf der südlichen Hemisphäre ist der Komet am längsten von Tebbut in Windsor verfolgt worden; seine Beobachtungen beginnen bereits am 28. November 1892 und enden mit dem 19. Juni 1893. Im Frühjahre 1893 wurde der Komet auch auf der Nordhalbkugel wieder sichtbar, doch sind die Beobachtungen, zuerst wegen der sehr südlichen Deklination und später wegen der zunehmenden Lichtschwäche, nur mehr ganz vereinzelt geblieben. Ausser in Marseille, woselbst die Ortsbestimmungen bereits am 18. April ihren Anfang nahmen, ist der Komet nur noch im Juni und Juli auf einigen nordamerikanischen Sternwarten, zuletzt auf der Sternwarte der Universität Virginia am 12. Juli beobachtet worden.

Komet 1893 I. Die letzte Beobachtung ist von Rayet in Bordeaux am 11. März 1893, kurz vor dem Verschwinden des Kometen in den Sonnen-

strahlen, angestellt worden. Der Durchmesser der Nebelhülle betrug an diesem Tage nur mehr 15″, doch war der Komet noch verhältnismässig leicht zu beobachten. Für die Zeit des Wiedererscheinens am Morgenhimmel, im Sommer 1893, hatte Dr. Ristenpart Ephemeriden gerechnet, die aber zur Auffindung nicht mehr geführt haben.

Die nachfolgenden Elemente sind von Isham aus 64 Beobachtungen vom 21. November bis 14. Februar abgeleitet und werden nur mehr um unwesentliche Beträge von den definitiven abweichen.

$$T = 1893 \text{ Januar, } 6.53308 \text{ mittlere Zeit von Berlin}$$
$$\left.\begin{aligned} \pi &= 270^\circ\ 51'\ 46.4'' \\ \Omega &= 185^\circ\ 38'\ 27.7'' \\ i &= 143^\circ\ 51'\ 48.9'' \end{aligned}\right\} \text{ M. Äqu. 1892.0}$$
$$\log q = 0.077408.$$

Komet 1893 II. Als Entdecker dieses mit blossem Auge sichtbaren Kometen sind zu verzeichnen: W. E. Sperra in Randolph, Ohio, am 19. Juni, Roso de Luna in Logrosan, Estremadura, am 4. Juli, Ch. Johnson und J. Miller in Alta, Iowa, und A. Rordame in Salt Lake City, Utah, am 8. Juli, endlich Quénisset in Juvisy, und zahlreiche andere Beobachter in England, Griechenland und Nordamerika am 9. Juli. Die erste Nachricht erhielt die Zentralstelle am 10. Juli nahe gleichzeitig von Rordame und Quénisset, so dass der Komet zunächst nach diesen Entdeckern provisorisch benannt wurde.

Zur Zeit der Entdeckung durch Sperra, am 19. Juni, hatte der Komet die Helligkeit eines Sternes 6. bis 7. Grösse. Mit abnehmender Entfernung des Kometen von Sonne und Erde nahm dieselbe immer mehr zu, so dass um die Zeit des Periheldurchganges, die nahe mit der Zeit der grössten Erdnähe zusammenfiel, der Komet als ein auffallendes Objekt 3. bis 4. Grösse am Nordhimmel erschien. Ebenso rasch, wie die Helligkeit zugenommen hatte, nahm sie auch wieder ab; Anfang August war der Komet nur mehr 6. Grösse, doch konnte er bis zum Verschwinden in den Sonnenstrahlen, um die Mitte des Monats, noch bequem auch in mittleren Fernrohren beobachtet werden. Die letzten Ortsbestimmungen wurden am 16. August auf den Sternwarten in Bordeaux und am Kap der guten Hoffnung angestellt.

In der 2. Juliwoche besass der Komet einen deutlichen, fixsternartigen Kern 5. Grösse mit einer glänzenden Nebelhülle von ca. 4′ Durchmesser. Ein im Vergleiche mit dem glänzenden Kopfe nicht sehr heller Schweif war sichtbar und konnte mit blossem Auge in einer Länge von 12° bis 15° verfolgt werden. Auf den photographischen Aufnahmen, insbesondere auf derjenigen von Hussey auf Mount Hamilton, war eine mehrfache Teilung des Schweifes zu erkennen; die eigentümliche Struktur desselben zeigte eine gewisse Ähnlichkeit mit den Aufnahmen, die Barnard im Jahre 1892 vom Kometen 1892 I erhalten hatte. Bemerkenswert sind auch hier die grossen Veränderungen, die von einem Tage zum anderen im Schweife vorgegangen sein müssen.

Das Spektrum des Kometen ist besonders eingehend von Campbell auf Mount Hamilton untersucht worden. Das gelbe, grüne und blaue Band waren sichtbar; die weniger brechbaren Kanten schienen vollständig in helle Linien aufgelöst zu sein.

Von den zahlreichen Elementensystemen des Kometen führe ich hier nur dasjenige an, welches Cerulli am 15. und 31. Juli und 15. August abgeleitet hat.

$$T = 1893 \text{ Juli, } 7.31234 \text{ mittlere Zeit von Berlin}$$
$$\left.\begin{aligned} \pi &= 24^\circ\ 28'\ 0.6'' \\ \Omega &= 337^\circ\ 20'\ 23.6'' \\ i &= 159^\circ\ 57'\ 58.3'' \end{aligned}\right\} \text{ M. Äqu. 1893.0}$$
$$\log q = 9.829020.$$

Anfang November 1893 musste der Komet am Morgenhimmel wieder sichtbar werden. In der That ist derselbe am 3. November von Cerulli in Teramo wieder aufgefunden worden, nur erwies sich die Helligkeit geringer, als wie man nach der Vorausberechnung hätte erwarten sollen. Bigourdan schildert den Kometen am 7. November als einen weissen Fleck von 30″ Ausdehnung in der Helligkeit eines Sternes 13. bis 14. Grösse und an der Grenze der Sichtbarkeit stehend. Wie weit die Beobachtungen sich noch erstreckt haben, ist zur Zeit noch unbekannt; bis jetzt sind erst 3 Ortsbestimmungen, zwei von Bigourdan in Paris am 7. und 8. November und eine von Wilson in Northfield am 16. November veröffentlicht worden.

Finlay'scher Komet 1893 III. Nach der Vorausberechnung von Schulhof wurde der Finlay'sche Komet in seiner zweiten Erscheinung am 18. Mai 1893 von Finlay am Kap aufgefunden, nachdem mehrere Versuche, ihn schon im März und April zu sehen, erfolglos geblieben waren. Der Komet, anfangs noch sehr lichtschwach, entwickelte sich gegen Ende Juni zu einem Nebel 10. bis 11. Grösse von $1^{1}/_{2}{}'$ Durchmesser ohne merkbaren Kern; ein Schweif war nicht vorhanden. Auf der nördlichen Halbkugel wurde der Komet im Laufe des Monats Juni sichtbar, ist aber wegen seiner geringen Helligkeit und seines ungünstigen Standes am Morgenhimmel nur sehr wenig beobachtet worden. Die bis jetzt veröffentlichten Beobachtungen reichen bis Northfield am 16. August; doch ist der Komet noch am 23. und 25. August im Sechszöller der Wiener Sternwarte als ein kleiner Nebelfleck 11. bis 12. Grösse sichtbar gewesen, ohne dass allerdings eine Ortsbestimmung erhalten werden konnte.

Der Komet befand sich in der jetzigen Erscheinung in einer viel ungünstigeren Stellung zur Erde als 1886, und hierin ist wohl auch allein der Grund seiner geringen Helligkeit zu suchen. Befremdender dürfte es erscheinen, dass derselbe erst so spät, in der theoretischen Helligkeit $J = 0.37$ aufgefunden wurde, während 1886—1887 sich die Beobachtungen bis $J = 0.04$ oder, wenn man die Ortsbestimmungen am grossen Pulkowaer Refraktor im April 1887 hier nicht gelten lassen will, doch wenigstens bis $J = 0.10$ ausdehnten. Anderseits ist aber auch zu berücksichtigen, dass das am Kap zur Verfügung stehende Fernrohr nur eine verhältnismässig kleine Objektivöffnung besitzt, und dass von anderen Sternwarten der Südhalkkugel keine Nachforschungen bekannt geworden sind.

Die Vorausberechnung von Schulhof erfordert zur Darstellung der ersten Beobachtungen der jetzigen Erscheinung eine Verkürzung der Umlaufszeit von 0.511 Tagen. Unter Berücksichtigung dieser Korrektion lauten die aus der ersten Erscheinung abgeleiteten Elemente:

Epoche und Osculation 1893 August, 28.0 mittlere Zeit von Berlin.

$$\begin{aligned} M &= 6^{\circ}\ 57'\ 48.9'' \\ \pi &= 7^{\circ}\ 41'\ 34.1'' \\ \Omega &= 52^{\circ}\ 27'\ 42.7'' \\ i &= 3^{\circ}\ 2'\ 2.1'' \\ \varphi &= 46^{\circ}\ 0'\ 49.4'' \\ \mu &= 535.8046'' \\ \log a &= 0.547334 \\ T &= \text{Juli 1893 12.21 mittlere Zeit von Berlin.} \end{aligned} \quad \left.\begin{matrix}\pi\\ \Omega\\ i\end{matrix}\right\} \text{M. Äqu. 1893.0}$$

Komet 1893 IV. Der Komet wurde am 16. Oktober von Brooks in Geneva, N. Y., am Morgenhimmel in 12^{h} R. A. und $+ 13^{\circ}$ Deklination entdeckt. Die Helligkeit war die eines Sternes 7. Grösse; ein verwaschener Kern 9. Grösse, umgeben von einer Coma von $1^{1}/_{2}{}'$ Durchmesser, sowie ein ca. 3° langer Schweif waren zu erkennen. Der Perihel-durchgang war bereits seit einem Monate verflossen; die Helligkeit nahm zuerst, da der Komet sich noch der Erde näherte, langsam, später, seit

Anfang Dezember, rascher ab, so dass die Beobachtungen, obschon der Komet immer mehr in nördliche Deklinationen hinaufstieg, kaum über den Monat Dezember hinaus sich erstreckt haben dürften. Die letzte der publizierten Beobachtungen ist am 29. Dezember von Le Cadet auf der Sternwarte in Lyon angestellt worden.

Von besonderem Interesse sind die Photographien, welche Barnard auf Mount Hamilton in der Zeit vom 18. Oktober bis 19. November vom Kometen aufgenommen hat. Während mit dem Auge nur geringe Veränderungen im Schweife wahrgenommen werden konnten, enthüllten die Photographien, besonders diejenigen vom 21. und 22. Oktober, ganz merkwürdige Strukturen desselben, die wohl geeignet sein dürften, unsere bisherigen Ansichten über Kometenschweife wesentlich zu modifizieren. Bei dem Anblicke der photographischen Platten wird man sich des Vergleiches mit Rauchwolken, die sich in den Raum hinaus zerstreuen, kaum erwehren können. Mehrfach zeigten sich auch in der Nähe des Endes des Schweifes isolierte Nebelmassen, welche sich bis in den November hinein, als der Schweif wieder eine mehr gerade Gestalt angenommen hatte, erhalten haben.

Nach den Untersuchungen von Campbell auf Mount Hamilton zeigte das Spektrum des Kometen ausser dem kontinuierlichen Spektrum des Kernes die drei gewöhnlichen Kometenbänder; nur waren das grüne und blaue Band schmäler und auf der violetten Seite viel schärfer begrenzt, als es sonst der Fall ist. Ausserdem waren noch zwei schmale Bänder in den Wellenlängen 487 und 455 deutlich zu erkennen, die bisher noch gar nicht oder nur in Ausnahmefällen bei Kometen gesehen worden sind.

Die folgenden Elemente hat Prof. Krueger aus den Beobachtungen vom 17. Oktober, 6. November, 2. und 9. Dezember abgeleitet.

$$T = 1893 \text{ September, } 19.3578 \text{ mittlere Zeit von Berlin}$$

$$\left.\begin{aligned} \pi &= 162^\circ\ 40'\ \ 8.2'' \\ \Omega &= 174^\circ\ 56'\ 10.8'' \\ i &= 129^\circ\ 48'\ 51.3'' \end{aligned}\right\} \text{M. Äqu. 1893.0}$$

$$\log q = 9.911158.$$

Die Elemente zeigen eine gewisse Ähnlichkeit mit denen der Kometen 1822 I und 1864 I.

Die Elemente der bisher berechneten Kometenbahnen.

In dem Masse, als die Zahl der aufgefundenen und beobachteten Kometen zunimmt, wächst naturgemäss das Bedürfnis einer vollständigen und kritischen Zusammenstellung der Bahnberechnungen derselben. Nicht nur um statistischen Untersuchungen eine möglichst sichere Unterlage zu gewähren, oder um berechnete parabolische Bahnen auf ihre Ähnlichkeit mit solchen von früheren Kometen zu vergleichen, sondern auch um den etwaigen Zusammenhang von Kometen- und Meteorbahnen zu prüfen, ist ein solches Verzeichnis dringend notwendig. Geh. Rat Galle in Breslau hatte sich schon vor vielen Jahrzehnten der grossen Arbeit unterzogen, im Anschlusse an das ältere Olbers'sche Verzeichnis berechneter Kometenbahnen, Fortsetzungen und Ergänzungen desselben zu liefern, und zwar zuletzt bis zum Jahre 1863. Seitdem hat sich indessen wieder eine solche Menge von Material angehäuft, dass eine völlig neue Ausgabe des ganzen Verzeichnisses als immer dringenderes Bedürfnis sich herausstellte. Prof. Galle hat diese Arbeit unternommen und in einem besonderen Werke ein zusammenhängendes, nach der Zeitfolge ge-

ordnetes und wesentlich neues Verzeichnis aller bis zur Gegenwart berechneten Kometenbahnen hergestellt[1]).

Der Verfasser hat nicht gerade alle Bahnberechnungen jedes Kometen aufgeführt, sondern die ersten vorläufigen Bestimmungen unterdrückt, da sonst nur der Umfang des Werkes nutzlos vermehrt sein würde. Bei vielen, nachher als entschieden elliptisch erkannten Bahnen hat er dagegen absichtlich einige der anfangs parabolisch vorausgesetzten Bahnen mit aufgeführt, um die in solchen Fällen hervortretenden Änderungen zu bestimmterer Anschauung zu bringen. Durchschnittlich sind die zuletzt angeführten Bahnen jedes einzelnen Kometen als die genauesten zu betrachten. Als massgebend für die grössere Genauigkeit der Bahn wurde im allgemeinen und unter übrigens gleichen Umständen die Länge des Zeitraumes betrachtet, über welchen die bei der Bahnberechnung benutzten Beobachtungen sich erstrecken.

Gegen die früheren Ausgaben hat das gegenwärtige Verzeichnis einige wesentliche Änderungen aufzuweisen. Zunächst wurde die Perihelzeit durchweg in Dezimalteilen des Tages angegeben, dann die Unterscheidung zwischen rechtläufigen und rückläufigen Kometen beseitigt und die Zählung der Neigung der Bahnen von 0^0 bis 180^0 eingeführt. Dann wurde die Länge des Perihels π überhaupt ganz ausgeschieden und statt dieser der Bogen vom Knoten bis zum Perihel ($\omega = \pi - \Omega$) eingeführt, wie solcher gegenwärtig sehr allgemein auch bei der Aufstellung der Elemente der kleinen Planeten anstatt des Winkels $\pi = \omega + \Omega$ benutzt wird. Um für diesen Bogen ω eine bestimmte Benennung zu haben, hat Prof. Galle ihm den Namen »Argument des Perihels« gegeben. Dies geschah nach Analogie des »Arguments der Breite« ($u = v + \pi - \Omega$), so dass ω das Argument der Breite für $v = o$ oder des Perihels ist. Will man von diesem Argumente des Perihels ω auf die Länge des Perihels π (in dem neuen Sinne, ohne Unterscheidung von rechtläufig und rückläufig) übergehen, so hat man einfach: $\pi = \Omega + \omega$. Wenn man dagegen nach älterer Art bei rückläufigen Kometen unter Länge des Perihels die Differenz $\Omega - \omega$ versteht und diese mit π' bezeichnet, sowie die in diesem Falle nur bis 90^0 gezählte Neigung der Bahn gegen die Ekliptik mit i', so hat man zur Reduktion der einen Bezeichnungsweise auf die andere die Gleichungen $\pi + \pi' = 2\,\Omega$ und $i + i' = 180^0$. Das Verzeichnis selbst hat fortlaufende Numerierung, auch für die Wiederkunft der periodischen Kometen; um jedoch die bestimmt periodischen und wiederholt beobachteten Kometen sogleich unterscheiden zu können, sind diesen in der ersten Kolumne die Anfangsbuchstaben ihrer üblich gewordenen Benennungen bei-

[1]) Verzeichnis der Elemente der bisher berechneten Kometenbahnen, nebst Anmerkungen und Litteraturnachweisen, neu bearbeitet, ergänzt und fortgesetzt bis zum Jahre 1894 von Dr. J. G. Galle.

gefügt. Es betrifft dies bis jetzt die folgenden fünfzehn elliptischen Kometen:

(d'A) = d'Arrest, 5 Erscheinungen: 1851 II, 1857 VII, 1870 III, 1877 IV, 1890 V;

(B) = Biela, 6 Erscheinungen: 1772, 1806 I, 1826 I, 1832 III, 1846 II, 1852 III;

(Br) = Brorsen, 5 Erscheinungen; 1846 III, 1857 II, 1868 I, 1873 VI, 1879 I;

(E) = Encke, 26 Erscheinungen: 1786 I, 1795, 1805, 1819 I, 1822 II, 1825 III, 1829, 1832 I, 1835 II, 1838, 1842 I, 1845 IV, 1848 II, 1852 I, 1855 III, 1858 VIII, 1862 I, 1865 II, 1868 III, 1871 V, 1875 II, 1878 II, 1881 VII, 1885 I, 1888 II, 1891 III;

(F) = Faye, 7 Erscheinungen: 1843 III, 1851 I, 1858 V, 1866 II, 1873 III, 1881 I, 1888 IV;

(Fi) = Finlay, 2 Erscheinungen: 1886 VII, 1893 III;

(H) = Halley, 7 Erscheinungen: 1378, 1456, 1531, 1607, 1682, 1759 I, 1835 III;

(O) = Olbers, 2 Erscheinungen: 1815, 1887 V.

(P-Bs) = Pons-Brooks, 2 Erscheinungen: 1812, 1884 I.

(T_1) = $Tempel_1$, 3 Erscheinungen: 1867 II, 1873 I, 1879 III;

(T_2) = $Tempel_2$, 3 Erscheinungen: 1873 II, 1878 III, 1894 III.

(T_3-S) = $Tempel_3$-Swift, 3 Erscheinungen: 1869 II, 1880 IV, 1891 V.

(Tu) = Tuttle, 4 Erscheinungen: 1790 II, 1858 I, 1871 III, 1885 IV.

(W) = Winnecke, 6 Erscheinungen: 1819 III, 1858 II, 1869 I, 1875 I, 1886 VI, 1892 IV.

(Wo) = Wolf, 2 Erscheinungen; 1884 III, 1891 II.

Am Schlusse des Bahnenverzeichnisses giebt Prof. Galle zahlreiche Anmerkungen und litterarische Verweise, auch werden daselbst viele Kometen aufgeführt, besonders aus älterer Zeit, für welche beim Mangel genügender Beobachtungen Bahnen nicht berechnet werden konnten. Aus neuerer Zeit giebt es eine nicht geringe Zahl unvollständig beobachteter Kometen, deren Bahnen also auch nicht berechnet worden sind, sie sind in der richtigen Reihenfolge eingeschaltet, jedoch bei ihnen die Zahlen der Jahre in Klammern eingeschlosssen, auch fehlt ihnen die fortlaufende Nummer.

Die nachstehende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der wahrscheinlichsten Bahnelemente aller bis Ende 1893 beobachteten Kommeten auf Grund des Galle'schen Verzeichnisses.

Nr.	Jahr	Durchgang durch das Perihel in m. Par. Zeit T	Argument des Perihels ω	Länge des aufsteigenden Knotens Ω	Neigung i	Log. der Perihel-distanz log. q	Exzentrizität e	Name des Berechners
	vor Chr.	Alter Stil.	°	° °				
1	372	Winter	120	270—330	unt. 150°	P. sehr klein	—	Pingré
2	137	April 29	350	220	160	0.0043	—	Peirce
3	69	Juli	150	165	70	9.90	—	Peirce
4	12	Oktbr. 8.80	108	28	170	9.76	—	Hind
	n. Chr.		° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″			
5	66	Januar 14.2	67 40	32 40	139 30	9.6480	—	Hind
6	141	März 29.1	120 55	12 50	163 0	9.857	—	Hind
7	240	Novbr. 10.0	82	189	44	9.570	—	Burckhardt
8	539	Oktbr. 20.62	255.5 o. 75.5	58 od. 238	10	9.53307	—	Burckhardt
9	565	Juli 9.0	70	158	118	9.85686	—	Burckhardt
		Juli 14.5	79 30	159 30	121	9.92000	—	Burckhardt
10	568	August 29.33	24 20	294 15	4 8	9.95779	—	Laugier
11	574	April 7.29	15 22	128 17	46 31	9.9836	—	Hind
12	770	Juni 6.65	86 46	88 54	120 29	9.7801	—	Hind
13	837	März 1.00	277 30	206 33	170 od. 168	9.763428	—	Pingré
14	961	Dezbr. 30.17	82 32	350 35	100 27	9.7418	—	Hind
15	989	Septbr. 12.0	180	84	163	9.7546	—	Burckhardt
16	1006	März 22	94—93	38	162 30	9 76604	—	Pingré
17	1066	April 1.0	120 55	25 50	163 0	9.857	—	Hind
18	1092	Febr. 15.0	30 40	125 40	28 55	9.9676	—	Hind
19	1097	Septbr. 21.9	125 0	207 30	73 30	9.86832	—	Burckhardt
20	1231	Januar 30 307	121 18	13 30	6 5	9.9767	—	Pingré
21	1264	Juli 19.80	159 34	140 55	16 29	9.9164	—	Hoek
22	1299	März 31.318	103 48	107 8	111 3	9.502330	—	Pingré
23	1301	Oktbr. 24.0	186	138	167	9.806	—	Laugier
24	1337	Juni 15.08	90 41	93 1	139 32	9.91815	—	Laugier
25	1351	Novbr. 26 5	unbestmt.	unbestmt.	unbestmt.	0.00	—	Burckhardt
26	1362	März 2.33	10	237	148	9.67214	—	Burckhardt
27	1366	Oktbr. 21.461	169 21	217 25	152 23	9.99114	—	Hind
28 (H)	1378	Novbr. 8.77	107 46	47 17	162 4	9.76604	—	Laugier
29	1385	Oktbr. 16.27	166 44	268 31	127 45	9.8886	—	Hind
30	1402	März 21	91	117	55	9 58	—	Hind
31	1433	Novbr. 7.7766	189 19.2	96 20 3	104 0.1	9.69264	—	Celoria
32	1449	Dezbr. 9.3747	356 52 0	261 17.8	155 40.5	9.51510	—	Celoria
33 (H)	1456	Juni 8.20875	104 49 17	43 46 4	162 22 33	9.76363	0.96783	Celoria
34	1457 I	Januar 17.9859	194 54.2	249 39.3	13 15.7	9.84718	—	Celoria
35	1457 II	August 8.0071	185 8.1	184 24.2	9 51.7	9.88106	—	Celoria
36	1468	Oktbr. 7.433	69 43	71 5	141 59	9 91893	—	Valz
37	1472	Febr. 29.94555	246 6 58	285 53 25	170 50 6	9.68654	—	Celoria
38	1490	Dezbr. 24.48	129 55	288 45	51 37	9.8678	—	Hind
39	1499	Septbr. 6.19	33 30	326 30	21	9 9795	—	Hind
40	1500	Mai 17	20	310	105	0.146	—	Hind
41	1506	Septbr. 3.668	242 13	132 50	134 59	9.58657	—	Laugier
42 (H)	1531	August 25,799	104 18	45 30	163 0	9.76338	0.967391	Halley
43	1532	Oktbr. 19.3389	24 25	87 23	32 36	9.71535	—	Olbers
44	1533	Juni 14.889	278 21	299 19	28 14	9.514362	—	Olbers
45	1556	April 22.1911	100 52.6	175 13.9	32 25 7	9.69092	—	Hoek
46	1558	Septbr. 13.55	119 37	335 3	110 53	9 4480	—	Hoek

		T	ω	Ω	i	log. q	e	
			° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″			
47	1577	Oktbr. 26.9541	255 38 24	25 20 24	104 50 18	9.24920	—	Woldstedt
48	1580	Novbr. 28.49961	89 20 14	19 6 42	64 33 49	9.77986	—	Schjellerup
49	1582	Mai 6.4197	331 56 50	227 13 33	118 34 9	9.22716	—	Marth
		Neuer Stil.						
50	1585	Oktbr. 8.0327	331 24 10	37 44 15	6 5 52	0.0393531	—	C. A. F. Peters u. Sawitsch
51	1590	Febr. 8.03363	307 39 44	165 36 56	150 30 16	9.7541386	—	Hind
52	1593	Juli 18.575	12 4	164 15	87 58	8.94994	—	La Caille
53	1596	Juli 25.2208	59 26 14	330 20 49	128 1 50	9.7537024	—	Hind
54 (H)	1607	Oktbr. 27.0148	107 27 10	48 14 9	162 53 43	9.766543	0.9674544	Lehmann
55	1618 I	August 17.133	24 55	293 25	21 28	9.710100	—	Pingré
56	1618 II	Novbr. 8 3572	287 21 11	75 44 10	37 11 31	9 590556	—	Bessel
57	1652	Novbr. 12.6593	300 8 40	88 10 0	79 28 0	9.928140	—	Halley
58	1661	Januar 26.8875	33 22 8	81 54 0	33 0 55	9.646131	—	Méchain
59	1664	Dezbr. 4.4898	310 33 15	81 15 52	158 41 48	0.010949	—	Lindelöf
60	1665	April 24.2253	156 7 30	228 2 0	103 55 0	9.027309	—	Halley
61	1668	Febr. 28.8	80 15	357 17	144 2	7.68000	—	Henderson
62	1672	März 1.45319	109 33 32	298 6 30	82 56 45	9.842271	—	Berberich
63	1677	Mai 6.0322	99 12 5	236 49 10	100 56 45	9 448072	—	Halley
64	1678	August 18.3213	159 27 37	163 20	2 52	0.0589182	0.626970	Le Verrier
65	1680	Dezbr. 17 99409	350 39 36	272 9 29	60 40 16	7.7939551	0.99998542	Encke
66 (H)	1682	Septbr. 14.80155	109 15 41	51 11 18	162 15 15	9.7655898	0.96792019	Rosenberger
67	1683	Juli 13.09717	87 48 40	173 24 40	96 46 45	9.7478656	—	Plummer
68	1684	Juni 8.269	330 20 41	268 10 32	65 25 8	9.98149	—	Neugebauer
69	1686	Septbr. 15 8314	81 54.6	354 3 8	34 55.7	9.52636	—	Hind
70	1689	Novbr. 30.1654	78 10 39	279 24 28	63 11 30	9.80909	—	Holetschek
71	1695	Novbr. 9.71	204	216	22	9 9261	—	Burckhardt
72	1698	Oktbr. 17 0214	151 11	65 53	169 5	9.86252	—	Hind
73	1699	Januar 13 4063	109 32.7	321 41.5	109 23.4	9,87426	—	Hind
74	1701	Oktbr. 17.417	165 0	298 41	138 21	9.77278	—	Burckhardt
75	1702	März 13.613	309 47 24	188 59 10	4 24 44	9.810790	—	Burckhardt
76	1706	Januar 30.2120	59 25 2	13 11 23	55 14 5	9.630291	—	Struyck
77	1707	Dezbr. 11.9948	27 7 40	52 50 29	88 37 40	9 934013	—	Struyck
78	1718	Januar 14.91223	6 15 34	127 55 29	148 51 54	0.010908	—	Argelander
79	1723	Septbr. 27.63438	331 21 42	14 14 17	129 59 42	9.9994743	—	Spoerer
80	1729	Juni 16.15422	10 25 38	310 37 8	77 4 6	0.607513	—	Hind
81	1737 I	Januar 30.3537	99 33 0	226 22 0	18 20 45	9.347960	—	Bradley
82	1737 II	Juni 2.2369	129 52 1	132 5.4	61 51.6	9.92155	—	Hind
83	1739	Juni 17 4229	104 46 34	207 25 14	124 17 16	9 828388	—	La Caille
84	1742	Febr. 8 6252	328 30 10	185 9 30	112 28 20	9.886523	—	Barker
85	1743 I	Januar 8.20053	6 25 6	86 54 29	1 53 43	9.9352858	0.7213085	Clausen
86	1743 II	Septbr. 20.65340	119 2 8	6 2 14	134 22 55	9.718496	—	d'Arrest
87	1744	März 1.34628	151 26 55	45 44 53	47 7 19	9.3467607	—	Plummer
88	1747	März 3.3056	230 16 50	147 18 50	100 53 40	0.342128	—	La Caille
89	1748 I	April 28.78715	17 28 21	232 51 50	94 31 37	9 924486	—	LeMonnier
90	1748 II	Juni 18.89401	245 38 41	33 8 29	67 3 28	9.7961280	—	Bessel
91	1757	Oktbr. 21.33611	268 45 10	214 12 50	12 50 20	9.528328	—	Bradley
92	1758	Juni 11.14375	36 48 0	230 50 0	68 19 0	9.333148	—	Pingré
93 (H)	1759 I	März 12.55827	110 39 59	53 50 27	162 23 8	9.7667989	0.96768436	Rosenberger
94	1759 II	Novbr. 27.00830	273 54 38	139 39 41	79 6 38	9.903844	—	Pingré
95	1759 III	Dezbr. 16 84757	301 21 29	79 50 4	175 7 29	9.9848692	—	Hind
96	1762	Mai 28.3410	115 28 55	348 33 5	85 38 13	0 003912	—	Burckhardt
97	1763	Novbr. 1.8679	88 34 54	356 24 4	72 31 52	9.6974784	0.99868	Burckhardt

			T	ω	Ω	i	log. q	e	
				° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″			
98	1764	Febr.	12.56650	104 49 41	120 4 33	127 6 29	9.744462	—	Pingré
99	1766 I	Febr.	17.36806	100 55 25	244 10 50	139 9 40	9.703570	—	Pingré
00	1766 II	April	26.99533	177 2 0	74 11 0	8 1 45	9.6009521	0.8640000	Burckhardt
01	1769	Oktbr.	7.62689	329 7 29	175 3 59	40 45 50	9 0890392	0.99924901	Bessel
02	1770 I	August	13 54735	224 17 55	131 58 56	1 34 28	9 8289491	0.786119	Le Verrier
03	1770 II	Novbr.	22 24167	260 19 26	108 42 10	148 34 5	9.722833	—	Pingré
04	1771	April	19.14144	76 8 10	27 53 12	11 15 53	9 955127	—	Kreutz
05	1772	Febr.	16.66180	213 2 57	257 15 38	17 3 8	9.99389	0.72451	Hubbard
B)									
06	1773	Septbr.	5.61330	314 5 28	121 5 30	61 14 17	0.051880	1.0282955	Burckhardt
07	1774	August	15.8366	136 43 6	180 44 34	83 20 26	0.1562065	—	Burckhardt
08	1779	Januar	4 11157	62 12 22	24 57 18	32 31 7	9.853160	—	Pacassi
09	1780 I	Septbr.	30.93280	237 5 19	123 41 18	125 36 48	8 9836418	0.9999460	Clüver
10	1780 II	Novbr.	28.8514	254 9 0	141 1 0	107 56 30	9.712041	—	Olbers
11	1781 I	Juli	7 19537	156 10 47	83 0 38	81 43 26	9 889784	—	Méchain
12	1781 II	Novbr.	29 5297	61 19 48	77 22 55	152 47 56	9.982721	—	Méchain
13	1783	Novbr.	19.93685	354 36 55	55 40 30	45 6 54	0.1641413	0.5524560	C.H.F.Peters
114	1784	Januar	21.2061	336 4 57	56 49 21	128 50 48	9 849946	—	Méchain
115	1785 I	Januar	27.33199	205 39 41	264 12 15	70 14 12	0 0581975	—	Méchain
116	1785 II	April	8.420486	127 10 34	64 41 5	92 37 48	9 6306715	0.99646076	Krueger
117	1786 I	Januar	30.88	182 30	334 8	13 36	9.52482	0 84836	Encke
(E)									
118	1786 II	Juli	8.57397	323 14 58	195 23 32	50 58 33	9.595763	—	Reggio
119	1787	Mai	10.83194	99 7 26	106 51 35	131 44 9	9.5427145	—	de Saron
120	1788 I	Novbr.	10.31582	57 48 36	156 56 43	167 32 20	0 0265381	—	Méchain
121	1788 II	Novbr.	20.30903	30 25 28	352 24 26	64 30 24	9 8792757	—	Méchain
122	1790 I	Januar	16.79688	114 25 17	172 50 2	150 15 53	9.873516	—	de Saron
123	1790 II	Januar	30.87628	207 5 26	268 36 34	54 6 26	0.0188593	0.8193300	Tischler
(Tu)									
124	1790 III	Mai	21.24740	119 27 35	33 11 2	116 7 33	9 9019814	—	Méchain
125	1792 I	Januar	13.57240	154 16 33	190 46 15	140 13 5	0.111605	—	Méchain
126	1792 II	Dezbr.	27 26009	147 15 53	283 15 17	130 58 15	9.985106	—	Prosperin
127	1793 I	Novbr.	4.8479	239 47	108 29	119 39	9.60574	—	de Saron
128	1793 II	Novbr.	20 33405	69 58 10	1 59 34	51 30 29	0.1744003	0 9719946	C.H.F.Peters
129	1795	Dezbr.	21.44748	182 1 58	334 39 22	13 42 30	9.5243046	0.8488828	Encke
(E)									
130	1796	April	2 83128	184 18 3	17 2 16	115 5 27	0.198151	—	Olbers
131	1797	Juli	9.11147	279 48 29	329 15 37	129 19 26	9.721489	—	Olbers
132	1798 I	April	4.51482	342 58 21	122 7 22	43 48 1	9.685769	—	Hind
133	1798 II	Dezbr.	31 5474	215 0 56	249 30 44	137 36 35	9.891917	—	Burckhardt
134	1799 I	Septbr.	7.19743	95 47 45	99 29 59	129 4 9	9.9242084	—	Tallquist
135	1799 II	Dezbr.	25.90289	136 28 59	326 49 11	102 58 22	9.796437	—	Méchain
136	1801	August	8.5630	219 47 2	42 28 54	159 15 0	9.40894	—	Doberck
137	1802	Septbr.	9.89752	21 53 25	310 15 39	57 0 47	0 039061	—	Olbers
138	1804	Febr.	13 59463	331 56 53	176 47 58	56 28 40	0.0298575	—	Gauss
139	1805	Novbr.	21.50638	182 27 14	334 20 10	13 33 30	9.5320168	0.84617529	Encke
(E)									
140	1806 I	Januar	1.92396	218 12 6	251 16 19	13 36 34	9.9576440	0.7457068	Hubbard
(B)									
141	1806 II	Dezbr.	28.92943	225 19 52	322 23 16	144 57 27	0.0341884	1.0101820	Hensel
142	1807	Septbr.	18.74537	4 7 30	266 47 11	63 10 28	9.8103158	0.99548781	Bessel
143	1808 I	Mai	12.959	253 45 39	322 58 36	134 16 53	9.59091	—	Encke
144	1808 II	Juli	12.17418	131 32 24	24 11 14	140 41 1	9 783870	—	Bessel
145	1810	Oktbr.	6.24442	114 56 13	308 50 31	62 55 39	9.986603	—	Thraen
146	1811 I	Septbr.	12.26278	65 23 46	140 25 15	106 57 18	0.0151133	0.9951240	N. Herz

		T		ω	Ω	i	log. q	e	
				° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″			
147	1811 II	Novbr.	10.99698	314 25 35	93 1 52	31 17 11	0.1992359	0.98271088	Nicolai
148 P-Bs	1812	Septbr.	15.33210	199 19 4	253 0 44	73 57 36	9.8904903	0.9555842	Schulhof u. Bossert
149	1813 I	März	4.53300	350 52 16	60 48 24	158 46 27	9.8445579	—	Nicollet
150	1813 II	Mai	19.51720	205 3 23	42 40 12	98 52 32	0.0846799	—	Ferrer
151 (O)	1815	April	25.99943	65 33 16	83 28 47	44 29 51	0.0837998	0.93114958	Ginzel
152	1816	März	1.3521	304 20 37	323 14 56	43 5 26	8.68577	—	Burckhardt
153	1818 I	Febr.	3.2245	180 17	256 1	34 11	9.84255	—	Hind
154	1818 II	Febr.	25.96539	112 19 11	70 26 11	89 43 48	0.0783711	—	Encke
155	1818 III	Dezbr.	5.03902	348 13 20	90 0 50	116 59 36	9.9319574	1.011617	Rosenberger u. Scherk
156 (E)	1819 I	Januar	27.95958	182 26 29	334 33 18	13 36 56	9.5252819	0.8486190	v. Asten
157	1819 II	Juni	27.72197	13 26 14	273 41 57	80 44 38	9.5332327	—	Hind
158 (W)	1819 III	Juli	18.90670	161 30 5	113 10 46	10 42 48	9.8885382	0.75519035	Encke
159	1819 IV	Novbr.	20.25203	350 4 51	77 13 57	9 1 16	9.9506368	0.6867458	Encke
160	1821	März	21.54305	169 11 31	48 40 56	106 26 53	8.9629523	—	Rosenberger
161	1822 I	Mai	5.61250	344 43 5	177 26 56	126 22 36	9.7027863	—	Nicollet
162 (E)	1822 II	Mai	23.969940	182 47 10	334 25 9	13 20 21	9.5389209	0.8445061	v. Asten
163	1822 III	Juli	15.85069	237 44 54	97 44 18	143 42 30	9.92797	—	Hind
164	1822 IV	Oktbr.	23.77627	181 4 25	92 44 42	127 20 50	0.0588305	0.99630211	Encke
165	1823	Dezbr.	9.45058	28 28 31	303 3 0	103 48 3	9.3550726	—	Encke
166	1824 I	Juli	11.51423	334 2 37	234 20 41	125 23 15	9.771850	—	Doberck
167	1824 II	Septbr.	29.07294	85 15 22	279 16 44	54 35 32	0.0211211	—	Encke
168	1825 I	Mai	30.57518	107 14 13	20 8 56	123 16 23	9.9490986	1.000627	P. Martin
169	1825 II	August	18.71754	177 18 15	192 56 10	89 41 47	9.9461924	—	Clausen
170 (E)	1825 III	Septbr.	16.28190	182 47 36	334 27 30	13 21 28	9.5375192	0.8449296	v. Asten
171	1825 IV	Dezbr.	10.69134	256 56 43	215 43 22	146 27 7	0.0937180	0.9954285	Hubbard
172 (B)	1826 I	März	18.45311	218 21 28	251 27 19	13 33 54	9.9554083	0.7466012	Hubbard
173	1826 II	April	21.92451	279 22 54	197 36 34	40 0 26	0.3027426	—	Nicolai
174	1826 III	April	29 04553	4 41 0	40 29 13	174 42 58	9.2744275	—	Clüver
175	1826 IV	Oktbr.	8.95873	13 41 56	44 6 28	25 57 18	9 930852	—	Argelander
176	1826 V	Novbr.	18.41477	279 36 32	235 6 11	90 37 51	8 4295811	—	Gambart
177	1827 I	Febr.	4.92808	150 57 33	184 27 49	102 24 25	9.70460	—	v. Heiligenstein
178	1827 II	Juni	7.84766	20 38 46	318 10 28	136 21 15	9.907494	—	v. Heiligenstein
179	1827 III	Septbr.	11.69936	258 41 59	149 39 11	125 55 18	9.1393857	0.99927305	Clüver
180 (E)	1829	Januar	9.74981	182 48 56	334 29 32	13 20 38	9.5383865	0 8446656	v. Asten
181	1830 I	April	9 30158	5 49 47	206 21 33	21 16 32	9.9644594	—	Schulze
182	1830 II	Dezbr.	27.6669	26 53 48	337 53 7	135 14 30	9 0999822	—	Wolfers
183 (E)	1832 I	Mai	3.99229	182 49 26	334 32 10	13 22 12	9.5357772	0.8454533	v. Asten
184	1832 II	Septbr.	25.58003	204 36 10	72 27 30	136 40 7	0.0729866	—	Schulze
185 (B)	1832 III	Novbr.	26.12337	221 45 7	248 15 18	13 13 31	9.9440315	0.7514480	Baranowski
186	1833	Septbr.	10 40198	260 53 6	323 28 17	7 18 17	9.666836	—	Hartwig
187	1834	April	2.79907	50 9 18	226 33 12	5 59 20	9.710207	—	Schulhof
188	1835 I	März	27.58301	210 36 50	58 19 46	170 52 21	0.3099084	—	W. Bessel

		T	ω	Ω	i	log. q	e	
			° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″			
189 (E)	1835 II	August 26.36831	182 49 4	334 35 0	13 21 19	9 5369938	0.8450754	v. Asten
190 (H)	1835 III	Novbr. 15.94539	110 38 27	55 9 59	162 14 55	9.7683194	0.96739091	Westphalen
191 (E)	1838	Dezbr. 19.01616	182 50 57	334 36 42	13 21 32	9.5364926	0.8452181	v. Asten
192	1840 I	Januar 4.47816	72 14 19	119 57 38	53 5 33	9.7912921	0.9999128	Rechenberg
193	1840 II	März 13.08212	156 35 58	236 50 10	120 47 1	0.0866406	0.9949769	Kowalczyk
194	1840 III	April 2.44431	138 2 55	186 2 12	79 52 18	9.8741944	—	Kowalczyk
195	1840 IV	Novbr. 13.67060	133 36 1	248 55 48	57 58 6	0.1705856	0.9711151	Schultz-Steinheil
196 (E)	1842 I	April 12.02583	182 50 50	334 39 11	13 20 30	9.5377181	0.8448313	v. Asten
197	1842 II	Dezbr. 15.96298	240 32 8	207 48 49	106 25 53	9.7027914	—	Kowalczyk
198	1843 I	Febr. 27.41702	82 34 38	1 14 55	144 19 21	7.7433765	0.99991572	Hubbard
199	1843 II	Mai 6.06242	124 14 49	157 14 54	52 44 46	0.2085315	1 0001798	Goetze
200 (F)	1843 III	Oktbr. 17.13671	200 3 56	209 29 26	11 22 32	0.2284599	0.5558297	A. Möller
201	1844 I	Septbr. 2.48438	278 41 10	63 49 38	2 54 46	0.0742006	0.6173720	Brünnow
202	1844 II	Oktbr. 17 35041	211 15 3	31 39 6	131 23 59	9.9321644	0.9996083	Plantamour
203	1844 III	Dezbr. 13.68127	177 42 56	118 19 22	45 38 47	9.4009126	1.00035303	Bond
204	1845 I	Januar 8.16784	114 35 30	336 44 26	46 51 1	9.9567491	1.0002467	Doberck
205	1845 II	April 21.03748	205 26 33	347 6 45	56 23 36	0.0985330	—	Faye
206	1845 III	Juni 5.67992	75 46 0	337 48 56	131 18 1	9.603815	0.9898744	d'Arrest
207 (E)	1845 IV	August 9.60750	183 25 18	334 19 37	13 7 39	9.5289969	0.8474717	v. Asten
208	1846 I	Januar 22.16659	338 0 22	111 5 38	47 28 6	0.1709043	—	Jelinek
209	1846 II A	Febr. 10.99966	223 8 38	245 54 15	12 34 53	9.9326998	0.7566625	Hubbard
(B)	B	Febr. 11.08264	223 8 37	245 54 17	12 34 55	9.9327097	0.7566060	Hubbard
210 (Br)	1846 III	Febr. 25 375	13 46 36	102 41 41	30 55 17	9.813000	0.793068	Bruhns
211	1846 IV	März 5.55237	12 53 27	77 33 16	85 6 27	9.8220359	0.96291017	v. Hepperger
212	1846 V	Mai 27.90234	78 44 48	161 18 40	122 23 48	0.1386159	—	Vogel
213	1846 VI	Juni 1.14095	339 37 44	260 23 53	30 40 10	0 184487	0.7286044	Berberich
214	1846 VII	Juni 5.48571	99 47 10	261 52 51	150 41 13	9.8018857	0.9899389	Oudemans
215	1846 VIII	Oktbr. 29.78372	93 58 16	4 41 24	49 42 10	9 919428	—	S. Oppenheim
216	1847 I	März 30.29086	254 20 38	21 41 46	48 38 46	8.6293410	0.99990955	Hornstein
217	1847 II	Juni 4.69903	32 20 34	173 57 7	100 26 11	0.3253494	—	Engström
218	1847 III	August 9.34434	91 31 46	338 16 57	96 33 45	0.2470052	0.9985879	E. Gautier
219	1847 IV	August 9.35158	55 26 6	76 42 58	147 21 10	0.1716750	—	Schur
220	1847 V	Septbr. 9.52209	129 18 5	309 50 23	19 9 0	0.6886618	0.9739298	Gould
221	1847 VI	Novbr. 14.40637	276 36 56	190 49 56	108 9 6	9.5172278	1.0001727	Margaretta Palmer
222	1848 I	Septbr. 8.05177	260 57 36	211 31 43	95 36 34	9.5050777	—	Bidschof
223 (E)	1848 II	Novbr. 26.08795	183 25 30	334 22 18	13 8 41	9.5275748	0.8478652	v. Asten
224	1849 I	Januar 19.35431	208 1 22	215 12 54	85 2 54	9.9821497	—	Petersen u. Sonntag
225	1849 II	Mai 26.49906	33 10 17	202 32 45	67 9 55	0.0642320	1 0007079	Weyer
226	1849 III	Juni 8.21014	236 34 8	30 32 0	66 55 19	9.951525	0.997830	d'Arrest
227	1850 I	Juli 23.53445	180 31 37	92 53 28	68 11 24	0.0340060	0.9988519	Carrington
228	1850 II	Oktbr. 19.34390	243 13 14	205 59 59	40 4 49	9.7524962	—	Rechenberg
229 (F)	1851 I	April 1.94318	200 11 2	209 31 5	11 21 38	0.2304179	0.5548945	A. Möller

		T	ω ° ′ ″	Ω ° ′ ″	i ° ′ ″	log. q	e	
230 d'A	1851 II	Juli 8.68045	174 31 0	148 23 18	13 55 12	0.0694120	0.6592823	Leveau
231	1851 III	August 26.24113	87 18 16	223 40 33	38 9 2	9 9931272	0.9966576	Brorsen
232	1851 IV	Septbr. 30 80309	294 25 0	44 21 31	73 58 37	9.1520995	—	Andries
233 (E)	1852 I	März 14.71443	183 27 23	334 23 42	13 7 50	9.5283414	0.8476025	v. Asten
234	1852 II	April 19 59380	37 13 17	317 12 52	131 6 31	9.9568433	—	v. Asten
235 (B)	1852 III A	Septbr. 23.73388	223 16 51	245 51 26	12 33 16	9.9348021	0.7559217	Hubbard
	III B	Septbr. 23.06316	223 16 48	245 51 28	12 33 19	9.9348106	0.7558660	Hubbard
236	1852 IV	Oktbr. 12.75724	57 3 42	346 10 0	40 55 0	0:0968964	0.91903397	Westphal
237	1853 I	Febr. 24.01115	275 50 44	69 34 4	159 44 52	0.0382717	—	Hornstein
238	1853 II	Mai 9.83277	199 13 0	40 57 37	122 10 57	9.9584172	0.9892973	G.Rümker
239	1853 III	Septbr. 1.71319	170 25 47	140 31 12	61 31 0	9.4869140	1.00026085	Krahl
240	1853 IV	Oktbr. 16.61186	277 50 59	220 5 52	119 0 16	9.2372363	1.0012289	d'Arrest
241	1854 I	Januar 3.94163	170 56 13	227 2 48	113 53 13	0.310618	—	Rzepecki
242	1854 II	März 24.01972	101 38 15	315 27 32	97 28 18	9.4425800	—	H. Oppenheim
243	1854 III	Juni 22.00356	74 34 20	347 39 43	108 41 1	9.811650	—	Winnecke u. Pape
244	1854 IV	Oktbr. 27.51557	129 55 47	324 28 31	40 54 38	9.902384	0.9933246	Lesser
245	1854 V	Dezbr. 15.72473	287 1 41	238 7 35	14 9 15	0.1327326	0.9863728	Elkin
246	1855 I	Febr. 5 05384	323 5 59	189 43 33	128 35 41	0.3411427	0.965185	Tiele
247	1855 II	Mai 30.15396	22 36 28	260 18 53	156 53 10	9.753396	—	Schulze
248 (E)	1855 III	Juli 1.04121	183 26 56	334 26 16	13 8 5	9.5279347	0.8477306	v. Asten
249	1855 IV	Novbr. 25 39914	325 31 41	51 33 38	169 48 49	0.0902561	—	Schulze
250	1857 I	März 21.37557	121 34 42	313 9 19	87 56 1	9.8878947	—	Loewy
251 (Br)	1857 II	März 29.2522	13 59 48	101 46 27	29 48 16	9.7927509	0.8017572	Bruhns
252	1857 III	Juli 17 98076	134 3 17	23 41 31	121 1 1	9.5652983	—	König
253	1857 IV	August 24.00300	180 57 35	200 49 16	32 46 24	9.873228	0 9803714	Möller
254	1857 V	Septbr. 30.88641	124 50 10	14 57 48	123 56 39	9.750428	0.9969135	Linsser
255	1857 VI	Novbr. 19.07778	95 5 26	139 18 42	142 11 5	0.003889	0.9969918	Auwers
256 d'A	1857 VII	Novbr. 28.19438	174 35 58	148 27 16	13 56 6	0.0681871	0.6598645	Schulze
257 (Tu)	1858 I	Febr. 23.52586	206 48 9	269 3 3	54 24 21	0.0109566	0.8212094	Rahts
258 (W)	1858 II	Mai 2.04566	162 6 31	113 32 33	10 48 11	9.8858985	0.7548575	v. Haerdtl
259	1858 III	Mai 2 97368	25 42 19	175 4 8	19 30 2	0.060401	0.673676	Schulhof
260	1858 IV	Juni 5.30209	98 52 3	324 58 8	99 57 18	9.7358072	—	Auwers
261 (F)	1858 V	Septbr. 12 87919	200 10 24	209 39 48	11 22 11	0.2289334	0.5557886	Möller
262	1858 VI	Septbr. 29.97097	129 6 41	165 19 13	116 58 11	9.7622804	0.9962933	Hill
263	1858 VII	Oktbr. 12 83988	155 34 2	159 46 27	158 42 55	0.154330	0.99568	Weiss
264 (E)	1858 VIII	Oktbr. 18.37209	183 29 0	334 28 1	13 4 17	9.5324191	0.8463942	v. Asten
265	1859	Mai 29.23263	282 0 13	357 20 44	95 28 16	9.303265	—	Hertzsprung
266	1860 I A	Febr. 16.63141	209 46 8	324 3 40	79 39 57	0.078774	—	Pechüle
	I B	Febr. 16.67621	209 41 50	324 3 19	79 36 12	0.078520	—	Pechüle
267	1860 II	März 5.57201	41 12 38	8 52 32	48 13 6	0.116164	—	Gyldén
268	1860 III	Juni 16 06750	76 51 56	84 40 32	79 19 25	9 4666978	—	Auwers
269	1860 IV	Septbr. 22.3184	311 57 0	44 51 2	32 11 9	9.83420	—	Kowalczyk

		T		ω ° ′ ″	Ω ° ′ ″	i ° ′ ″	log. q	e	
270	1861 I	Juni	3.39641	213 26 19	29 55 42	79 45 31	9.9641181	0 98346314	v. Oppolzer
271	1861 II	Juni	11.51323	330 6 5	278 58 53	85 26 15	9.9150745	0.9850773	Kreutz
272	1861 III	Dezbr.	7.18092	331 35 4	145 6 2	138 1 4	9.9237761	—	Noether
273 (E)	1862 I	Febr.	6.25426	183 30 9	334 30 58	13 4 57	9.5314223	0.8467033	v. Asten
274	1862 II	Juni	22 03609	27 13 33	326 34 8	172 5 35	9.991814	—	Cerulli
275	1862 III	August	22.91537	152 45 29	137 27 14	113 34 9	9.9834626	0.9603525	Hayn
276	1862 IV	Dezbr.	28.18060	230 34 31	355 46 2	137 31 23	9.904844	—	Krahl
277	1863 I	Febr.	3 49765	74 27 12	116 55 33	85 21 56	9.9002349	0.9999470	Engelmann
278	1863 II	April	4.91081	4 0 0	251 15 35	112 37 47	0.0286067	—	Frischauf
279	1863 III	April	20.87116	55 36 36	250 10 5	85 30 1	9.7984991	0.9990756	Ericsson
280	1863 IV	Novbr.	9.48589	357 12 50	97 28 36	78 4 48	9.8491662	0.998985	Svedstrup
281	1863 V	Dezbr.	27.76915	115 41 2	304 43 23	64 28 44	9.8873314	—	Valentiner
282	1863 VI	Dezbr.	29.17306	78 5 55	105 1 24	83 19 17	0.1183045	1.0006499	Rosén
283	1864 I	Juli	27.81825	346 5 44	174 58 56	135 0 0	9.7966480	—	Kowalczyk
284	1864 II	August	15.58310	151 2 50	95 14 32	178 7 50	9.9587029	0.9963509	Kowalczyk
285	1864 III	Oktbr.	11 41150	232 27 26	31 45 24	109 41 58	9 9690425	—	v. Asten
286	1864 IV	Dezbr.	22.45755	118 27 50	203 13 11	48 52 39	9.8869027	—	Kowalczyk
287	1864 V	Dezbr.	27.72616	178 30 46	340 54 22	162 52 37	0.0471352	—	Valentiner
288	1865 I	Januar	14.33180	111 44 6	252 56 27	92 29 52	8.4123528	—	Koerber
289 (E)	1865 II	Mai	27.93101	183 31 10	334 32 39	13 3 51	9.5326964	0.8463048	v. Asten
290	1866 I	Januar	11.14037	170 57 58	231 26 3	162 41 55	9.9896813	0.9054198	v. Oppolzer
291 (F)	1866 II	Febr.	13.97996	200 14 19	209 41 55	11 22 9	0.2258618	0.5575456	Möller
292	1867 I	Januar	20.21367	357 31 15	78 27 35	18 12 34	0.1978953	0.8653524	L. Becker
293 (T1)	1867 II	Mai	23.93097	135 0 36	101 9 6	6 24 39	0.194111	0.509712	R. Gautier
294	1867 III	Novbr.	6.96729	148 37 27	64 58 57	96 34 5	9.5189867	—	Broch
295 (Br)	1868 I	April	17.42866	14 48 6	101 14 3	29 22 26	9.7759989	0.8079728	Schulze
296	1868 II	Juni	26.48275	126 37 24	52 15 22	131 32 57	9.7623606	—	Karlinski
297 (E)	1868 III	Septbr.	14.62045	183 39 45	334 31 34	13 6 41	9.5232576	0.8491280	v. Asten
298 (W)	1869 I	Juni	29.94976	162 22 9	113 33 9	10 48 20	9.8929388	0.7519281	v. Haerdtl
299	1869 II	Oktbr.	9.86044	188 12 38	311 30 7	111 40 7	0.090174	—	Kowalczyk
300 (T2-S)	1869 III	Novbr.	18.81503	106 12 40	296 46 2	5 23 55	0.0265909	0.6580921	Bossert
301	1870 I	Juli	14 08868	198 13 2	141 44 47	121 47 52	0.0037585	—	Seydler
302	1870 II	Septbr.	2.20321	354 56 57	12 56 22	99 20 46	0.259288	—	Gerst
303 (d'A)	1870 III	Septbr.	22.68595	172 16 10	146 25 24	15 39 30	0.1072090	0.6350207	Leveau
304	1870 IV	Dezbr.	19.88258	90 35 47	94 44 43	147 16 25	9.590242	—	Schulhof
305	1871 I	Juni	10.60635	222 31 23	279 18 36	87 35 56	9.815777	0.997814	Holetschek
306	1871 II	Juli	27.04094	96 19 58	211 54 14	101 59 29	0 0347741	—	N. Cramer
307 (Tu)	1871 III	Dezbr.	1.80221	206 47 41	269 17 11	54 16 50	0.0128807	0.8211096	Rahts
308	1871 IV	Dezbr.	20.38754	242 53 17	147 6 12	98 19 32	9.8396727	0.9964266	A. Lindhagen
309 (E)	1871 V	Dezbr.	28.81359	183 38 49	334 34 25	13 7 24	9.5224697	0.8493318	Backlund
310 (T1)	1873 I	Mai	9.80024	159 19 5	78 43 48	9 45 59	0.2482605	0.4626205	R. Gautier
311 (T2)	1873 II	Juni	25.21431	185 9 10	120 56 39	12 45 24	0.128440	0.552604	Schulhof

			T	ω	Ω	i	log. q	e	
				° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″			
312 (F)	1873 III	Juli	18.49315	200 23 56	209 38 57	11 21 50	0.2259693	0.5573833	Möller
313	1873 IV	Septbr.	10.79020	193 47 12	230 35 24	95 58 31	9.8998540	0.996471	R. Gautier
314	1873 V	Oktbr.	1.77367	233 45 19	176 43 23	121 28 45	9.585363	0 9997303	Kreutz
315 (Br)	1873 VI	Oktbr.	10.48509	14 49 37	101 12 31	29 24 30	9.7736231	0.8088591	E. Lamp
316	1873 VII	Dezbr.	1.39643	195 38 50	250 27 2	29 54 54	9.8649197	—	Schulhof
317	1874 I	März	9.94113	269 29 54	30 18 2	58 52 48	8 649025	—	A. Wittstein
318	1874 II	März	13.94210	331 44 44	274 6 54	148 24 31	9.9473096	—	Wenzel
319	1874 III	Juli	8.86482	152 21 56	118 44 29	66 21 12	9.8298069	0.99882015	v. Hepperger
320	1874 IV	Juli	17.70598	149 36 12	215 51 5	34 8 20	0.2273669	0.9628312	Holetschek
321	1874 V	August	26.85007	92 38 11	251 30 8	41 49 48	9.9923984	0.9988309	Gruss
322	1874 VI	Oktbr.	18.94934	16 17 3	281 57 34	99 12 55	9.706057	—	Holetschek
323 (W)	1875 I	März	12.10695	165 8 15	111 33 39	11 17 6	9.9185773	0.7409983	v. Haerdtl
324 (E)	1875 II	April	12.99118	183 40 13	334 37 0	13 7 20	9 5223870	0.8494024	Backlund
325	1877 I	Januar	19.18514	347 10 10	187 15 2	152 54 38	9.907111	—	Thraen
326	1877 II	April	17.66268	63 7 54	316 37 20	121 8 31	9.9777145	0.9987005	Plath
327	1877 III	April	26.81233	116 46 28	346 4 49	77 10 32	0.0039137	0.9979243	Poenisch
328 (d'A)	1877 IV	Mai	10.48640	173 0 30	146 9 16	15 43 13	0.1199556	0.6278091	Leveau
329	1877 V	Juni	27.07676	103 14 49	184 16 55	115 44 31	0.0295666	—	Gruss
330	1877 VI	Septbr.	11.22471	143 13 16	250 59 47	102 13 51	0.1975297	—	Larssén
331	1878 I	Juli	20.69724	177 34 28	102 15 50	78 10 52	0.1436288	—	Büttner
332 (E)	1878 II	Juli	26.17398	183 40 18	334 39 13	13 6 37	9.5230694	0.8491543	Backlund
333 (T_2)	1878 III	Septbr.	7.26730	185 7 10	121 0 48	12 46 6	0.126998	0.553691	Schulhof
334 (Br)	1879 I	März	30.54133	14 55 4	101 19 2	29 23 10	9.7707355	0.8098415	E. Lamp
335	1879 II	April	27.42900	3 44 23	45 45 40	107 2 3	9.952573	—	Kremser
336 (T_1)	1879 III	Mai	7.12421	159 29 35	78 45 56	9 46 3	0.2482463	0.4625512	R. Gautier
337	1879 IV	August	29.28524	84 15 11	32 25 33	107 45 2	9.996284	—	Millosewich
338	1879 V	Oktbr.	4.63624	115 26 39	87 11 10	77 7 50	9 9954612	—	A. Palisa
339	1880 I	Januar	27.62502	86 18 7	6 10 29	144 39 42	7.739478	—	Kreutz
340	1880 II	Juli	1.74612	145 11 57	257 15 3	123 3 42	0.2586566	—	J. Mayer
341	1880 III	Septbr.	6.94156	323 6 32	45 18 54	141 54 8	9.5497806	—	Molien
342 (T_2-S)	1880 IV	Novbr.	8.00260	106 12 11	296 51 57	5 23 46	0.0282447	0.6571935	Bossert
343	1880 V	Novbr.	9.42137	11 41 26	249 22 32	60 42 14	9.819274	—	Bigourdan
344 (F)	1881 I	Januar	22.67174	201 13 22	209 35 25	11 19 40	0.2400848	0.5490171	Möller
345	1881 II	Mai	20.44307	173 47 33	126 24 13	77 58 19	9.7716696	—	Gruss
346	1881 III	Juni	16.44847	354 15 16	270 57 43	63 25 52	9.8659875	0.9964327	Bossert
347	1881 IV	August	22.31248	122 7 19	97 2 37	140 13 54	9.8017757	—	Stechert
348	1881 V	Septbr.	13.3192	312 30 52	65 56 56	6 51 4	9.860503	0.828377	Matthiessen
349	1881 VI	Septbr.	14.37183	6 18 10	274 9 51	112 48 47	9.6524399	—	Millosewich
350 (E)	1881 VII	Septbr.	15.30270	183 55 12	334 34 28	12 53 7	9.5357273	0.8453998	Backlund
351	1881 VIII	Novbr.	19.77791	118 0 37	181 25 19	144 50 16	0.2839578	0.973331	Olsson
352	1882 I	Juni	10.53612	208 59 38	204 56 27	73 48 39	8.7836376	0.99999454	v. Rebeur-Paschwitz

		T		Ω	ω	i	log. q	e	
				° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″			
353	1882 II	Septbr.	17.23051	69 34 35	346 0 43	141 59 45	7.8889895	0.9999330	Kreutz
354	1882 III	Novbr.	12.99363	254 18 45	249 7 11	96 9 2	9.9802257	0.9992287	Wolyn-cewicz
355	1883 I	Febr.	18.94856	110 53 22	278 8 36	78 4 5	9.8807707	0.9990853	Wendell
356	1883 II	Dezbr.	25.3092	138 39 2	264 25 14	114 59 9	9.49094	—	H. Oppen-heim
357 P-Bs	1884 I	Januar	25.72388	199 11 33	254 5 42	74 2 36	9.8897099	0.9549960	Schulhof u. Bossert
358	1884 II	August	16.48583	301 1 59	5 8 59	5 27 38	0.1071271	0.5842139	Berberich
359 (Wo)	1884 III	Novbr.	17.79370	172 42 31	206 18 31	25 15 41	0.1964455	0.5609166	Thraen
360 (E)	1885 I	März	7 64113	183 55 49	334 36 56	12 54 1	9.5344196	0.8457761	Backlund
361	1885 II	August	5.54394	178 27 1	92 17 10	80 39 26	0.3992904	1.0028519	Berberich
362	1885 III	August	10.44430	43 25 52	204 29 7	59 20 19	9.877815	—	Gallen-müller
363 (Ti)	1885 IV	Septbr.	11.14915	206 46 57	269 42 1	54 19 45	0.0106087	0.8215436	Rahts
364	1885 V	Novbr.	25.51151	35 36 45	262 12 11	42 26 33	0.0332408	—	Fr. Cohen
365	1886 I	April	5.96890	126 35 26	36 22 39	82 37 17	9.807767	—	Svedstrup
366	1886 II	Mai	3.29332	119 36 29	68 19 10	84 26 5	9.6805802	1.00022860	Thraen
367	1886 III	Mai	4.45145	38 33 33	287 45 33	100 12 7	9 925294	—	Celoria
368	1886 IV	Juni	6.69108	176 47 55	53 28 57	12 43 26	0.123107	0.5787392	S. Oppen-heim
369	1886 V	Juni	7.39549	201 13 21	192 42 6	87 44 23	9.431999	—	Krueger
370 (W)	1886 VI	Septbr.	4.3918 1	172 2 7	104 7 30	14 31 40	9.9471854	0.7261780	v. Haerdtl
371 (Fi)	1886 VII	Novbr.	22.39464	315 5 35	52 28 54	3 1 41	9.9989350	0.7178652	Schulhof
372	1886 VIII	Novbr.	28.38161	31 53 16	258 11 58	85 35 18	0.170274	—	Egbert
373	1886 IX	Dezbr.	16.50319	86 20 18	137 22 34	101 37 34	9.8217257	1.0003824	Buschbaum
374	1887 I	Januar	11.34421	65 22.2	339 38 1	137 37 3	7.73914	—	H. Oppen-heim
375	1887 II	März	17.37426	159 25 19	279 55 56	104 16 18	0.212202	0.9846095	Stechert
376	1887 III	März	28.43115	36 31 36	135 27 4	139 47 26	0.0028251	1.10004192	Heinricius
377	1887 IV	Juni	16.66988	15 8 3	245 13 22	17 33 9	0.1442046	0.9960879	F. Muller
378 (O)	1887 V	Oktbr.	8.48531	65 20 11	84 32 20	44 34 16	0.0788620	0.9311297	Ginzel
379	1888 I	März	17.00832	359 55 31	245 22 56	42 15 10	9.8443367	0.9958467	Tennant
380 (E)	1888 II	Juni	27.99670	183 57 5	334 38 51	12 53 6	9.5354100	0.8454694	Backlund u. Seraphimoff
381	1888 III	Juli	31.14287	59 12 8	101 29 51	74 11 41	9.9553154	0.9999079	Millosewich
382 (F)	1888 IV	August	19.94	201 13 22	209 35 25	11 19 40	0.2400848	0.5490171	Möller
383	1888 V	Septbr.	12.7776	290 46 57	137 31 48	56 20 51	0.183996	0.991113	Searle
384	1889 I	Januar	31.17837	340 27 40	357 25 15	166 22 13	0.2588515	1.0010863	Berberich
385	1889 II	Juni	10.77911	236 5 5	310 42 36	163 50 31	0.3532083	0.9995208	Millosewich
386	1889 III	Juni	20.75088	60 8 5	270 58 4	31 12 50	0.042338	0.956665	Berberich
387	1889 IV	Juli	19.28009	345 51 58	286 9 47	65 58 41	0.016890	0.996504	Berberich
388	1889 V	Septbr.	30 33971	343 35 51	17 59 4	6 4 7	0.2899980	0.4707799	Bauschinger
389	1889 VI	Novbr.	29.54151	69 39 0	330 36 2	10 14 54	0.1315170	0.6758467	Hind
390	1890 I	Januar	26.486[illegible]0	199 54 38	8 23 21	56 44 1	9.430920	—	Krueger
391	1890 II	Juni	1.54801	68 56 14	320 20 44	120 33 23	0.280471	1.00037259	Bidschof
392	1890 III	Juli	8.54656	85 39 37	14 18 25	63 20 4	9.8831669	—	Ebert
393	1890 IV	August	7.1621	331 21 47	85 22 40	154 19 1	0.311358	—	Ristenpart

		T	ω	Ω	i	log q	e	
			° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″			
394 d'A	1890 V	Septbr. 17.49316	172 58 2	146 16 32	15 42 41	0.1219017	0.6271251	Leveau
395	1890 VI	Septbr. 24.51453	163 2 18	100 7 13	98 56 30	0.100448	0.9991542	Bobrinskoy
396	1890 VII	Oktbr. 26.12523	13 5 42	45 8 8	12 51 30	0.2595701	0.4727455	Tennant
397	1891 I	April 27.52727	178 45 36	193 55 57	120 31 30	9.5997934	1.0000740	E. Lamp
398 (Wo)	1891 II	Septbr. 3.43865	172 48 26	206 22 17	25 14 34	0.2021579	0.5571859	Thraen
399 (E)	1891 III	Oktbr. 17.98599	183 57 20	334 41 27	12 54 58	9.5320821	0.8467347	Backlund
400	1891 IV	Novbr. 12.9120	268 33 1	217 38 58	77 42 34	9.989838	—	Froebe
401 T_3-S	1891 V	Novbr. 14.95835	106 43 1	296 31 15	5 23 14	0.036071	0.6527024	Bossert
402	1892 I	April 6.65953	24 31 11	240 54 15	38 42 21	0.011499	0.998613	Berberich
403	1892 II	Mai 11.18970	129 18 34	253 25 42	89 42 4	0.294619	—	Schorr
404	1892 III	Juni 13.5099	14 34 36	331 34 54	20 46 59	0.3311535	0.4080508	Covrigan
405 (W)	1892 IV	Juni 30.89430	172 6 27	104 4 37	14 31 34	9.9477053	0.7259908	v. Haerdtl
406	1892 V	Dezbr. 11.13512	170 19 6	206 42 29	31 10 36	0.1546264	0.5781439	Porter
407	1892 VI	Dezbr. 28.1044	252 42 35	264 29 32	24 47 47	9.989320	—	H. Oppenheim
408	1893 I	Januar 6.50236	85 13 19	185 38 28	143 51 49	0.0774075	—	Isham und Porter
409	1893 II	Juli 7.28162	47 7 37	337 20 24	159 57 58	9.829020	—	Cerulli
410 (Fi)	1893 III	Juli 12.18195	315 31 51	52 27 43	3 2 2	9.9952568	0.7195062	Schulhof
411	1893 IV	Septbr. 19.3271	347 43 57	174 56 11	129 48 51	9.911158	—	Krueger

Ein Komet in der Nähe der Sonne. Die Photographie hat bei Gelegenheit der völligen Sonnenfinsternis vom 16. April 1893 eine merkwürdige Erscheinung ans Licht gebracht. Bekanntlich zeigt sich, wenn die Sonnenscheibe ganz vom Monde bedeckt ist, rings um dieselbe ein heller, strahliger Kranz, den man Korona nennt. Dieselbe besteht wahrscheinlich aus höchst feiner gasiger Materie, in welcher sich zahllose kleine Körperchen, ähnlich den Meteoren, bewegen, von denen die meisten gewissermassen in Ströme geordnet sind, die sich bis zu 300000 *km* über die Sonnenoberfläche erheben und uns als Strahlen erscheinen. Während der völligen Sonnenfinsternis, die am 16. April 1893 eintrat, ist die Sonnenkorona von eigens dazu ausgesandten Expeditionen in Chile und Brasilien, sowie in Afrika photographiert worden. Die Untersuchung dieser Photographien durch den Astronomen J. M. Schaeberle von der Lick-Sternwarte, der selbst bei der Expedition in Chile thätig war, haben nun das überraschende Ergebnis gehabt, dass während der Sonnenfinsternis ein Komet in der Korona sichtbar war. Nach einer von Schaeberle auf Grund der Lick-Photographien gegebenen Zeichnung, erscheint der Komet gewissermassen wie auf eine der Koronastrahlen aufgespiesst. Sein Schweif liess sich auf den Photographien über einen Grad weit verfolgen. Schaeberle

hat auch die in Brasilien und in Afrika aufgenommenen Photographien untersucht und auf diesen ebenfalls den Kometen erkannt; doch ist die scheinbare Entfernung desselben vom Sonnenrande hier grösser. Der Komet bewegte sich anscheinend in der Richtung des hellen Koronastrahls, und seine Helligkeit nahm rasch ab, denn auf den spätesten Photographien ist er am schwächsten, woraus auch hervorgeht, dass er nicht bloss scheinbar, sondern in Wirklichkeit der Sonne sehr nahe stand. Schon früher hat die Photographie bei Gelegenheit einer völligen Sonnenfinsternis einen Kometen in grosser Nähe bei der Sonne gezeigt, aber ein solches Gestirn in der Korona selbst anzutreffen, ist doch eine höchst merkwürdige Thatsache. Vielleicht darf man daraus schliessen, dass die Kometen in einer sehr engen, aber uns noch unbekannten Beziehung zur Konstitution der Sonne stehen. Jedenfalls spielen sich in der unmittelbaren Nähe der Sonne Vorgänge ab, von denen wir nur erst eine schwache Ahnung haben, und deren fernere Enthüllung mit der Vervollkommnung der Photographie eintreten wird. Bis heute ist es noch nicht möglich gewesen, die Sonnenkorona bei vollem Sonnenscheine zu photographieren, man ist in dieser Beziehung vielmehr auf die wenige Minuten währende Dauer einer völligen Sonnenfinsternis beschränkt. Indessen ist die Hoffnung berechtigt, dass es gelingen wird, auch diese Schwierigkeit zu überwinden. Dann wird man erst in die Lage kommen, mit Sicherheit zu entscheiden, ob Kometen in die Sonne stürzen, und andere aus ihr emporgeschleudert worden sind. Schaeberle ist in der That geneigt, gewisse Kometen als Auswürflinge der Sonne zu betrachten.

Die Bewegung des Encke'schen Kometen. Die vollständige Neuberechnung der Störungen des Encke'schen Kometen ist nunmehr in der Hauptsache vollendet, und O. Backlund hat über die Ergebnisse derselben berichtet[1]). Dieser Komet ist bekanntlich nicht nur dadurch von besonderem Interesse, dass er eine Beschleunigung seiner mittleren Bewegung zeigt, welche Encke zur Annahme eines die Himmelsräume erfüllenden, hemmenden Mediums veranlasste, sondern auch dadurch, dass seine Bahn derjenigen des Planeten Merkur bis auf weniger als 0.004 nahe kommt. Wenn demnach die Acceleration der mittleren Bewegung des Kometen genau bekannt wäre, so würde man aus den Störungen, die er in der Nähe des Merkur erleidet, die Masse dieses Planeten sehr genau bestimmen können. Diese beiden Grössen sind aber erst durch obige Untersuchungen mit einem grösseren Grade von Sicherheit ermittelt, und über diese berichtet O. Backlund.

Hiernach hat sich die Beschleunigung der mittleren Bewegung des Encke'schen Kometen von 1819 bis 1858 nur wenig verändert. Zwischen 1858 und 1862 begann sie abzunehmen, und diese Abnahme

---

[1]) Bulletin astronomique 1894. **11.** p. 473.

dauerte bis zur Umlaufsperiode 1868 — 1871. Von 1871 — 1891 war sie konstant oder wenigstens so nahe unveränderlich, dass die Beobachtungen keine Veränderung anzeigen.

Da das Gesetz der Abnahme von 1858 — 1871 nicht bekannt ist, so hat Backlund bei Berechnung der Merkurmasse die Erscheinungen des Kometen von 1862, 1865 und 1868 ausgeschlossen und nur diejenigen von 1871 — 1891 berücksichtigt. Aus diesen ergiebt sich als Masse des Merkur: 1 : 9745000 und die Veränderung der Acceleration der mittleren Bewegung bei jedem Umlaufe = 0. Die Untersuchung der Erscheinungen des Kometen in dem Zeitraume von 1819 — 1858 ergab als Masse des Merkur: 1 : 9647000 und ebenfalls die Veränderung der mittleren Bewegung des Kometen = 0, wobei die Beobachtungen besser dargestellt werden als unter Annahme der Encke'schen Hypothese. Als wahrscheinlichsten Wert für die Masse des Merkur giebt Backlund schliesslich 1 : 9700000 an und bemerkt, dass dieses Resultat grosses Vertrauen verdiene. Auch für die Masse der Venus leitet er einen genauen Wert ab, nämlich: 1 : 414270.

Backlund sieht durch seine Rechnungen als erwiesen an, dass die Encke'sche Hypothese eines widerstehenden Mittels, dessen Dichte sich umgekehrt verhält wie das Quadrat der Entfernung von der Sonne, sich nicht mit der Bewegung des Kometen vereinbaren lässt. Denn es zeige sich kein Einfluss zunehmender Dichte bei Annäherung an die Sonne, und die Annahme, dass die Dichte des hemmenden Mediums mit der Entfernung von der Sonne wachse, sei äusserst unwahrscheinlich, da sonst ein Einfluss desselben bei den anderen periodischen Kometen wahrnehmbar sein müsse. Sonach bleibe nichts übrig, als die Acceleration der mittleren Bewegung des Encke'schen Kometen, durch Zusammenstoss desselben mit einem Meteorschwarme verursacht, anzunehmen, oder eine solche Annahme sei doch wenigstens sehr geeignet, die wahrgenommene Anomalie der Bewegung des Kometen zu erklären.

Definitive Bahnelemente des Kometen 1851 III hat Dr. Rudolf Spitaler berechnet[1]). Dieser Komet wurde am 1. August 1851 von Th. Brorsen in Senftenberg (Böhmen) entdeckt; er blieb immer nur teleskopisch und konnte bis zum 30. September beobachtet werden. Er wurde noch vor seiner Erdnähe am 11. Oktober für die damaligen Fernrohre unsichtbar, ja, er löste sich gleichsam vor den Augen der Astronomen auf und verschwand, wie es später auch mit dem Kometen 1864 V der Fall war. Dass von einem so schwachen Kometen nur ungenaue Beobachtungen erlangt werden konnten, ist klar, und so stellten auch die zuerst berechneten Bahnelemente den Lauf des Kometen nicht befriedigend dar. Dr. Spitaler hat nun die

[1]) Denkschriften der mathem.-naturw. Klasse der Kaiserl. Akademie in Wien 1894. 61.

definitive Bahnberechnung ausgeführt und gelangte nach Massgabe der zur Verfügung stehenden Beobachtungen zu dem Ergebnisse, dass eine Parabel und eine Ellipse den Lauf des Kometen sehr nahe gleich gut darstellen. Folgendes sind die Elemente dieser Bahnen:

	Parabel		Ellipse
Zeit des Perihels (mittlere Zeit von Paris)	1851 August 26.252300		August 26.249937.
Länge des Perihels	310° 57′ 25.69″	Äqu. 1851.0	310° 57′ 19.15″
Länge des aufst. Knotens . . .	223° 40′ 21.21″		223° 40′ 33.90″
Neigung der Bahn	38° 12′ 57.46″		38° 12′ 52.91″
Log. der Periheldistanz	9.993 327 2		9.993 323 5
		Exzentrizität	0.999 915 1

Bahnbestimmung des Kometen 1873 V. Eine definitive Berechnung der Bahn dieses Kometen veröffentlicht Prof. G. Kreutz [1]). Dieser Komet wurde am 23. August von P. Henry zu Paris entdeckt, zeigte eine zentrale Verdichtung und vom 29. August ab einen Schweif. Anfang September konnte das Gestirn mit blossem Auge gesehen werden; der Kern hatte jetzt eine exzentrische Stellung und war nach der Spitze des Kopfes hin durch einen hellen Kreisbogen ziemlich scharf begrenzt, während er auf der anderen Seite in Gestalt eines hellen Fadens sich in den Schweif hinein fortsetzte. Letzterer war 2° lang. Schulhof in Wien glaubte, am 8. September einen vom Hauptschweife ausgehenden, um 100° gegen ihn geneigten kurzen Nebenschweif zu bemerken. Der Komet hatte eine stark nach Süden gerichtete Bewegung und verschwand Mitte September in den Sonnenstrahlen. Erst im November, nachdem er seine Sonnennähe passiert hatte, wurde er auf der nördlichen Erdhälfte wieder sichtbar und am 28. November von Dr. Palisa in Pola beobachtet. Unter Berücksichtigung der Störungen, die der Komet während der Beobachtungsperiode von seiten des Jupiter, Saturn und der Erde erlitt, findet Prof. Kreutz als definitive Bahnform des Kometen eine Ellipse mit folgenden Elementen: Zeit des Perihels 1873, Oktober 1.804386 mittlere Zeit von Berlin, Länge des Perihels 50° 28′ 42.15″, Länge des aufsteigenden Knotens 176° 43′ 22.66″, Neigung gegen die Ekliptik 121° 28′ 44.81″, Logarithmus der Periheldistanz 9.585 363 1, Exzentrizität 0.999 7303, halbe grosse Axe 1427.2, Umlaufsdauer 53 919 Jahre. Eine parabolische Bahn stellt die Beobachtungen übrigens nahezu ebensogut dar.

Die vormalige Bahn des Kometen 1886 II. Für diesen Kometen hatte A. Thraen eine hyperbolische Bahn gefunden, worauf Berberich in ihm den Gedanken anregte, dass der hyperbolische Charakter der Bahnkurve wohl durch Störungen verursacht sein könnte, welche der Komet vor seiner Entdeckung durch Annäherung an einen oberen Planeten erlitten habe. Neuen Anlass, die Frage

[1]) Publikationen der Sternwarte Kiel 9. Nr. 2

nach dem Ursprunge dieser Hyperbel zu untersuchen, bot Thraen ein Werk von Louis Fabry in Marseille über die Wahrscheinlichkeit hyperbolischer Kometen und den Ursprung der Kometen überhaupt. Fabry kommt zu dem Schlusse, dass die Kometen permanente Mitglieder unseres Sonnensystems sind, und dieses sich weit über die Bahn des Neptun hinaus erstreckt. Mit dieser Schlussfolgerung stand der obige Komet im Widerspruche, da dessen Bahn zweifellos eine Hyperbel war. Thraen hat nunmehr durch Berechnung der Störungen, welche dieser Komet innerhalb unseres Planetensystems erlitten hat, und wobei nur die beiden Planeten Jupiter und Saturn berücksichtigt zu werden brauchten, die Frage entschieden. Es ergab sich, dass der Komet vor dem 5. Oktober 1882, wo seine Entfernung von der Sonne 12.7 Erdbahnhalbmesser betrug, eine parabolische Bahn beschrieb, und dass in noch früherer Zeit die Bahnkurve eine langgestreckte Ellipse war. Der Komet 1886 II war also auch schon vor seiner Entdeckung ein beständiges Glied unseres Sonnensystems. Thraen macht noch darauf aufmerksam, dass, da namentlich der Planet Jupiter schon in so weiten Entfernungen des Kometen von der Sonne und von ihm selbst seine störende Wirkung so merkbar ausübt, die Vermutung nahe liege, dass auch andere Kometen mit schwach hyperbolischen Bahnen ihre Hyperbeln den Störungen im Bereiche des Planetensystems verdanken, so z. B. der Komet 1825 I[1]).

Untersuchungen über den Kometen 1889 V. Dieser Komet wurde von Brooks im Juli 1889 entdeckt, und Dr. Chandler fand, dass er sich in einer elliptischen Bahn bewegt mit einer Umlaufszeit von sieben Jahren, ferner, dass er 1886 dem Jupiter so nahe kam, dass dieser seine Bahn vollkommen veränderte. Vorher muss er sich nach Chandler in einer grösseren Ellipse mit etwa 27 Jahren Umlaufsdauer bewegt haben, ferner muss er 1779 dem Jupiter ebenfalls sehr nahe gekommen sein. Die weitere Untersuchung Chandler's führte diesen zu dem Ergebnisse, dass der in Rede stehende Komet sehr wahrscheinlich mit dem berühmten Lexell'schen Kometen von 1770 identisch sei. Dr. Charles Lane Poor hat nun sämtliche Beobachtungen des Kometen 1889 V zu einer möglichst erschöpfenden Untersuchung der Bahn desselben benutzt[2]) und gefunden, dass dieser Komet 1886 dem Jupiter so nahe kam, dass er sich eine Zeitlang innerhalb der Bahn des 1. Jupitermondes bewegte, ja, dass das Zentrum des Kometen möglicherweise die Oberfläche Jupiters gestreift hat, sicherlich aber hat er sich dieser Oberfläche bis 112300 englische Meilen genähert. Ferner ist äusserst wahrscheinlich, dass die Dauer, während deren der Komet sich innerhalb des Systems der Jupitermonde befand, 2.65 Tage betrug, und während dieser Zeit machte er fast einen vollen Umlauf um den Jupiter, indem er konzentrisch einen Bogen von 313° beschrieb.

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3249.
[2]) The Astronomical Journal 1893.

Der Komet trat in das Jupitersystem 1886 Juli 18.77 in 118° Länge, passierte den Jupiter in einer Distanz seines Zentrums von 2.28 Jupiterhalbmessern Juli 20.10 und verliess das Jupitersystem Juli 21.43 in 71° Länge. Während dieser Zeit muss er, nach Dr. Poor, mit einem oder mehreren der Jupitersatelliten zusammengetroffen sein. Vor dem Jahre 1886 beschrieb der Komet, nach demselben Berechner, eine Ellipse, in der er sich mit einer Umlaufszeit zwischen 32.60 und 30.17 Jahren bewegte. Der verloren gegangene Lexell'sche Komet wurde vom Jupiter 1779 in dem nämlichen Teile der Bahn des Jupiter gestört, wo dieser Planet und der Komet 1889 V sich am 20. Juli 1886 befanden. Der Zeitunterschied beider Störungen beträgt 107 Jahre. Die Periode des Kometen 1889 V von nahezu 31 Jahren ist kein aliquoter Teil von 107, demnach konnte der Komet 1779 nicht nahe dem Jupiter sein, falls er nicht andere und sehr erhebliche Störungen in der Zwischenzeit erlitten. Solche Störungen fanden zwar statt 1791 und 1827, allein sie waren derart, dass es sehr zweifelhaft bleibt, ob der Komet dadurch 1779 dem Jupiter sehr nahe gebracht wurde, was unbedingt erforderlich ist, wenn beide Kometen identisch sein sollen. Dr. Poor findet, dass die Frage der Identität nicht eher beantwortet werden kann, bis der Komet 1896 wieder erschienen und genau beobachtet worden ist. Er stellt eine weitere Untersuchung in Aussicht über die Frage, ob dieser Komet während seines Durchganges durch das Jupitersystem eine Auflösung erlitten habe, und über die Möglichkeit, ob ein Teil desselben dauernd im Jupitersysteme verblieben sei und einen neuen Jupitermond gebildet habe.

Bahnbestimmung des Kometen 1891 I. Dieser am 29. März jenes Jahres von Barnard auf dem Lick-Observatorium entdeckte Komet ist von Prof. E. Lamp in Kiel einer definitiven Bahnberechnung unterzogen worden[1]). Die Beobachtungen erstrecken sich über den Zeitraum vom 30. März bis zum 10. Juli und lieferten als wahrscheinlichste Bahnform eine Parabel. Die Elemente derselben sind: Zeit des Perihels 1891 April 27.558 209 mittlere Zeit von Berlin, Perihel vom Knoten 178° 45′ 20.72″, Länge des aufsteigenden Knotens 193° 56′ 2.90″, Neigung der Bahn gegen die Ekliptik 120° 31′ 29.88″ (diese drei letzten Elemente auf das Äquinoktium 1891.0 bezogen). Logarithmus der Periheldistanz 9.5997697.

Der Einfluss der Anziehung der grossen Planeten auf die Bahnen von Kometen ist von L. Fabry für einen bestimmten Fall mathematisch untersucht worden[2]). Er findet, dass wenn ein Komet selbst sehr weit von den grossen Planeten unseres Sonnensystems entfernt bleibt, die störende Wirkung derselben nicht gänz-

[1]) Publik. der Sternwarte in Kiel **9.** Nr. 1.
[2]) Bulletin astronomique **9.** p. 485.

lich unbedeutend ist, sondern in gewissen Fällen ausreicht, um eine elliptische Bahn von sehr grosser Exzentrizität in eine etwas hyperbolische zu verändern.

Die Spektra der Kometen. H. Kayser macht[1]) auf verschiedene Umstände aufmerksam, welche die Darstellung der Kometenspektra ungünstig beeinflussen. Hauptsächlich ist es die Lichtschwäche des Spektrums, welche den Beobachter zwingt, den Spalt des Spektroskops weit zu öffnen. Dadurch verwischen sich aber die feineren Details, das Helligkeitsmaximum wird von der scheinbaren Kante des Streifens nach der Mitte verlegt, und genauere Wellenlängenbestimmungen werden unmöglich. Unlängst[2]) hat nun Campbell auf photographischem Wege Wellenlängenbestimmungen erhalten, welche an Genauigkeit alle früheren übertreffen und zu einem Vergleiche mit den im Laboratorium erhaltenen Kohlebanden auffordern. Campbell selbst hat einen solchen Vergleich mit den Messungen von Runge und Kayser ausgeführt, genauer hat sich Kayser darüber verbreitet[3]). Die Messungen, führt er aus, bezogen sich auf den Kohlebogen. Es treten hier zwei Reihen von Bandengruppen auf: Die erste Reihe enthält Banden, die heute von fast allen Spektroskopikern der Kohle selbst, nicht aber einem Kohlenwasserstoffe zugeschrieben werden, nachdem auch Liveing und Dewar dieser Ansicht beigetreten sind. Die zweite Reihe gehört wohl sicher einer Verbindung von Kohlenstoff und Stickstoff, wahrscheinlich dem Cyan an. Von diesen beiden Reihen hat Campbell wohl zweifellos mehrere Gruppen gefunden, und man kann nach H. Kayser wohl sagen, dass die im Kohlebogen auftretenden Banden der Kohle und des Cyans im Kometenspektrum sicher aufgefunden sind. Ausserdem hat Campbell noch andere Linien gemessen, deren chemischer Ursprung noch unbekannt ist, die aber sicher nicht zum Kohlespektrum gehören. Das Spektrum der Kometen ähnelt nach Kayser mehr dem einer verbrennenden als dem einer elektrisch zum Leuchten gebrachten Kohleverbindung.

In einer zweiten Abhandlung[4]) bespricht H. Kayser den Einfluss der Spaltweite auf das Aussehen der Kometenspektra. Er sagt: »Dass die Kometenspektra im wesentlichen Banden zeigen, welche in verbrennenden oder elektrisch zum Leuchten gebrachten Kohleverbindungen sichtbar sind, ist schon sehr früh angenommen worden, trotzdem die Beobachtungen nicht unwesentliche Differenzen ergaben. Die wichtigsten derselben sind folgende:

1. Die Bandengruppen des Kohlespektrums (denn dass wir es mit einem Spektrum der Kohle selbst, nicht aber mit dem eines Kohlenwasserstoffs zu thun haben, steht jetzt wohl fest) beginnen

---

1) Astron. Nachr. Nr. 3214. 3217.
2) Astron. Nachr. Nr. 3177.
3) Astron. Nachr. Nr. 3214.
4) Astron. Nachr. Nr. 3217.

auf der roten Seite jedesmal mit einem Lichtmaximum; in den Kometenspektren dagegen liegt das Maximum nach dem Inneren der Bande zu, also nach V (Violett) verschoben.

2. Die Wellenlängen der Lichtmaxima der Kometen sind stets kleiner gefunden, als die der Hauptkanten der C-Banden; die Wellenlängen der Anfänge der Kometenbanden sind ebenfalls kleiner, als die der Kanten der C-Banden, nur für die hellste Kometenbande bei 516 zeigt häufig der Anfang grössere Wellenlänge.

3. Wenn die Dispersion so weit getrieben werden konnte, dass in den Bandengruppen des Kometen ausser dem ersten Hauptmaximum noch das zweite oder dritte sichtbar wurden, so sind auch diese nach V verschoben.

4. Während in jeder C-Bandengruppe das erste Maximum das hellste ist, die folgenden allmählich schwächer werden, ist manchmal bei Kometen beobachtet worden, dass das zweite Maximum heller war als das erste.

5. Es liegt eine Beobachtungsreihe von Harkness am Kometen Encke 1871 V vor, welche für die Lichtmaxima desto grössere Wellenlänge ergab, je heller der Komet wurde.

6. Messungen verschiedener Beobachter an demselben Kometen zeigen ausserordentliche Differenzen, welche häufig weit über die möglichen Fehlergrenzen hinausgehen.

Alle diese Anomalien der Kometenspektra sind bis heute unerklärt geblieben, trotzdem auf die meisten vielfach hingewiesen wurde, und z. B. die vortreffliche Zusammenstellung der Messungen bis 1880 von Hasselberg[1]) sie deutlich vor Augen führte. Nur zwei Versuche liegen vor, wenigstens einige der Anomalien zu erklären. H. C. Vogel hat ein Gemisch des Kohle- und des Kohlenoxydspektrums beobachtet. Dabei fällt in den Anfang der zweiten C-Bande bei 5634 die CO-Bande 5609, wodurch an letzterer Stelle scheinbar das Maximum der C-Bande entsteht. Ferner fällt vor die dritte C-Bande bei 5164 die CO-Bande 5198 und verschiebt dadurch scheinbar den Anfang der C-Bande nach R (Rot). Endlich fällt in die vierte C-Bande bei 4737 eine schwache CO-Bande 4698, wodurch das Maximum der C-Bande scheinbar nach V gerückt wird. Vogel macht daher die Annahme, das Kometenspektrum sei manchmal eine Superposition des C- und des CO-Spektrums, und will so die Verschiebung der Maxima erklären.

In der That scheint diese Hypothese auf den ersten Blick recht gut zu stimmen; aber sie scheint mir doch aus zwei Gründen unhaltbar:

1. Wenn im Kometenspektrum einige CO-Banden auftreten, sogar eine der schwächeren zur Erklärung herangezogen wird, so hätten die übrigen Banden, mindestens die stärksten, auch gesehen werden müssen. Dies ist aber nicht der Fall.

---

[1]) Mém. de l'Acad. de St. Pétersb. [7] **28.** Nr. 2.

2. Man müsste nun wenigstens erwarten, dass die verschiedenen Messungen dem Aussehen des Bandengemisches entsprechen, z. B. dass das scheinbare Maximum der dritten C-Bande immer bei etwa 5609 gefunden worden wäre. Aber davon ist keine Rede.

Ein zweiter Versuch der Erklärung stammt von Hasselberg. Er hat gefunden, dass bei sehr schwachen Entladungen durch Kohlenwasserstoffe im Geisslerrohre unter Umständen bei der vierten C-Bande (und vielleicht auch bei der zweiten) das zweite Maximum heller werden kann als das erste. Selbst angenommen, dass dieser Versuch ganz einwandfrei sei, dass die Erscheinung nicht etwa nur durch CO hervorgebracht wurde, wie bei Vogel (und Hasselberg selbst sagt, dass das CO-Spektrum gleichzeitig vorhanden war), so erklärt er doch von den bei Kometen beobachteten Anomalien nur eine einzige.

Man muss somit sagen, dass die Messungen an Kometen bisher noch keine Erklärung gefunden haben. Hasselberg konstruiert demnach einen „Typus der Kometenspektra", der von dem Kohlespektrum differiert, und Scheiner[1]) sagt sogar, vielleicht sei bei Kometen der Abstand des Maximums von der Kante wirklich variabel, und empfiehlt aus dem Grunde, nur den Anfang der Banden, nicht das Maximum zu messen.

Ich glaube indessen, dass eine derartige Annahme, die allen spektralanalytischen Grundlagen widerspricht, unnötig ist, dass sich vielmehr alle Anomalien ausserordentlich einfach erklären lassen. Wahrscheinlich ist es gerade die grosse Einfachheit, welche bewirkt hat, dass man nicht schon längst an diese Erklärung gedacht hat. Alle Erscheinungen ergeben sich nämlich aus dem Umstande, dass das Kometenspektrum ausserordentlich lichtschwach ist und daher den Beobachter zur Anwendung schwacher Dispersion und eines breiten Spaltes zwingt. Er wird stets den Spalt so eng wie möglich machen, daher je nach der Lichtstärke des Kometen und seines Instrumentes verschiedene Spaltweite wählen, und in der verschiedenen Spaltweite liegt der Grund zu allen Anomalien, wie ich im folgenden zeigen werde.

In jedem Spektrum ist die Spektrallinie ein Bild des Spaltes; wenn, wie es bei Spektrometern üblich ist, Kollimator- und Fernrohrlinse gleiche Brennweite haben, so hat die Spektrallinie die Breite des Spaltes (natürlich abgesehen von verbreiterten Linien). Das soll im folgenden der Einfachheit wegen angenommen werden. Mit der Spaltbreite nimmt daher auch die Breite der Linie zu. Bei einem Linienspektrum schadet das für Messungen nichts, wenn man nur bei allen Linien auf dieselbe Stelle des breiten Bildes, Rand oder Mitte, oder wo man sonst will, einstellt.

Ganz anders wird es, wenn zahlreiche Linien nebeneinander liegen, wie es namentlich bei den Banden der Fall ist; durch das Übereinanderfallen der breiten Bilder verschwindet das Bild der

[1]) Spektralanalyse der Gestirne p. 227.

einzelnen Linie; wir behalten im Spektrum nur ab- und zunehmende Intensität, die sich an jeder Stelle als die Summe der dorthin fallenden Linie ergiebt.«

Kayser zeigt dies genauer und weist nach, dass dies beim Kohlespektrum mit seinen verschiedenen Banden genau zutrifft, dass die Verschiebungen der Maxima der Helligkeit in den einzelnen Banden sich durch die Grösse der Spaltbreite hinreichend erklären lassen. Eine genauere Kontrolle seiner Erklärung würde sich freilich ermöglichen, wenn die Beobachter von Kometenspektren Angaben über die Dispersion ihres Apparates und die benutzten Spaltbreiten, sowie über eine etwaige Änderung derselben veröffentlichen wollten. »Aber so weit man es ohne das übersehen kann, finde ich«, sagt Kayser, »keinen Widerspruch zwischen meinen Schlüssen und der Erfahrung. Die beste Bestätigung scheint mir indessen darin zu liegen, dass bei den neuen Messungen, deren erhöhte Genauigkeit wir teils den grösseren Fernrohren, besonders aber der Photographie verdanken, alle diese Anomalien verschwinden, und das Kometenspektrum sich als richtiges Kohlespektrum erweist, mit genau derselben Lage und Struktur der Banden, wie wir sie im Laboratorium beobachten. Ohne die Erklärung für das Entstehen der Anomalien würde damit freilich noch nicht der Beweis erbracht sein, dass auch die früheren Kometen in Wahrheit das gewöhnliche Kohlespektrum besassen.« Zum Schlusse erwähnt er, dass die besprochenen Erscheinungen sich ohne Schwierigkeit im Laboratorium beobachten lassen. Besonders schön wird der Versuch, wenn man ein Spektrometer mit Krüss'schem Doppelspalte benutzt, dessen Spaltbacken sich bekanntlich symmetrisch verbreitern. Projiziert man auf den Doppelspalt den Kohlebogen und öffnet den einen Spalt, so sieht man, wie die isolierten Linien, z. B. solche von Ca und Fe, die im Kohlebogen stets sichtbar sind, breiter werden, aber mit ihrer Mitte dieselbe Lage behalten gegen die durch den zweiten engen Spalt erzeugten Linien. Die Kanten der Kohlebanden dagegen verbreitern sich nicht nur, sondern die Maxima wandern nach kürzeren Wellenlängen. Es gelingt auch leicht, die Breite so zu wählen, dass das erste Maximum schwächer ist als das zweite.

Im Anschlusse an die Ausführungen Kayser's macht Professor H. C. Vogel darauf aufmerksam[1]), dass er schon vor 13 Jahren darauf hingewiesen hat, dass die Öffnung des Spaltes einen sehr grossen Einfluss auf die Lichtverteilung in den einseitig verwaschenen Banden eines Spektrums hervorzubringen vermag, und dass zweifellos die stark abweichenden Beobachtungen bei lichtschwachen Kometen, bei denen eine sehr weite Spaltöffnung nötig war, darin ihren Grund haben. Doch bleibt Prof. Vogel bei der Ansicht, dass in einzelnen Fällen thatsächliche Unterschiede des Kometenspektrums gegen das Kohlenwasserstoffspektrum vorhanden sind.

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3222.

Sternschnuppen und Meteore.

Die wahrscheinliche Bahnform der aus dem Weltraume in unsere Beobachtungssphäre gelangenden Körper ist von Prof. v. Niessl untersucht worden[1]. »Es handelt sich,« sagt er, »hier um eine zusammengesetzte Wahrscheinlichkeit. Der eine Faktor betrifft die Wahrscheinlichkeit des Vorkommens der Geschwindigkeit v in irgend einer sehr grossen Entfernung r von der Sonne. Der andere Faktor ist die Wahrscheinlichkeit, dass der Körper in der durch diese Geschwindigkeit bezüglich der Halbaxe a bestimmten Bahn eine Sonnennähe erlange, welche uns dessen Beobachtung gestattet.

Die bekannte, oft besprochene Untersuchung von Laplace beschäftigt sich ausschliesslich mit dem zweiten Faktor, indem sie den anderen als eine konstante, von v unabhängige Grösse betrachtet. Deshalb ist das Resultat seiner Betrachtungen, nach welchen den Ellipsen und den von der Parabel nur wenig abweichenden Hyperbeln die weitaus überwiegende Wahrscheinlichkeit zufällt, für die allgemeinen Voraussetzungen, nämlich in Ansehung dessen, was Laplace über die Herkunft der Kometen beweisen wollte, gänzlich entstellt und unrichtig. Dem gegenüber erscheinen die seit Gauss wiederholt berührten übrigen Mängel in dem von Laplace eingeschlagenen Rechnungsverfahren als unerheblich.

Es ist ja selbstverständlich, dass durch die ganz kleinen Geschwindigkeiten, welche den elliptischen Bahnen entsprechen, auch die kleinen Periheldistanzsn in viel höherem Grade ermöglicht werden, als für die grossen. Für jedes r kann man eine Geschwindigkeitsgrenze angeben, unter welcher, bei jeder ursprünglichen heliozentrischen Bewegungsrichtung, die Periheldistanz innerhalb einer bestimmten Grenze D bleibt. Es werden also alle Ellipsen bis zu dieser Grenze den betreffenden Körper in unseren Beobachtungsraum bringen. Den äussersten Gegensatz hierzu bilden jene ausgeprägten Hyperbeln, deren Halbaxen von Null wenig mehr verschieden sind. Denn, nimmt man z. B. r = 100000 (Halbmesser der Erdbahn) und D = 2, so ist die Wahrscheinlichkeit, dass durch eine solche Bahn ein Körper innerhalb diese Periheldistanz gelange, ungefähr zu vergleichen mit der Wahrscheinlichkeit, durch einen völlig aufs Geradewohl abgegebenen Schuss ein Ziel zu treffen, dessen Durchmesser den 25000. Teil der Entfernung beträgt, also z. B. 1 *cm* bei 250 *m* Entfernung.

So ausserordentlich wenig wahrscheinlich stellen sich die ausgeprägten Hyperbeln dar bei dieser Betrachtungsweise, welche den Laplace'schen Entwickelungen zu Grunde liegt. Allein es ist dabei nur eins nicht berücksichtigt, welches bewirkt, dass schliesslich doch die Hyperbel als die wahrscheinlichere Bahnform hervorgeht.

Laplace und diejenigen, welche später wieder seinen Gedankengang aufgenommen haben, setzen voraus, dass in der grossen Ent-

[1] Astron. Nachr. Nr. 3224.

fernung von der Sonne alle Bewegungsrichtungen und Geschwindigkeiten gleich wahrscheinlich seien. Dies kann jedoch nur von den absoluten, keineswegs von den relativen, den heliozentrischen Grössen, gelten. So ist z. B., wenn man jene Annahme für die absoluten Werte zulässt, die Wahrscheinlichkeit des Vorkommens der ganz kleinen heliozentrischen Geschwindigkeiten, von 0 bis zur parabolischen Grenze deshalb eine über jede Vorstellung kleine, weil sie sich ja offenbar nur in denjenigen Fällen ergeben können, wo Richtung und Grösse der absoluten Bewegung dieser Körper nahezu identisch mit der Bewegungsrichtung und Geschwindigkeit des Sonnensystems sind, was in anbetracht aller möglichen Richtungen und Geschwindigkeiten nur für einen ganz verschwindend kleinen Bruchteil gelten kann. Es wird daher umgekehrt, durch die Annahme bei Laplace, dass unter den relativen Geschwindigkeiten die ganz kleinen Werte ebenso wahrscheinlich seien als die grossen, von vornherein, aber unbewusst, bezüglich der betreffenden Körper etwas zugestanden, das ihnen hinterher wieder bestritten wird, weil es nicht ausgesprochen in der Voraussetzung zutage tritt, nämlich das, dass diese Körper vorwiegend eine mit jener der Sonne nahezu identische räumliche Bewegung besitzen müssten. Die Ursache dieses Trugschlusses liegt, wie man sieht, in der Vernachlässigung des Einflusses der Eigenbewegung des Sonnensystems.

Wir verdanken Prof. Schiaparelli eine scharfsinnige und einwurfsfreie Lösung der vorliegenden Aufgabe in ungefähren Umrissen. Im Gegensatze zu Laplace gelangt diese Darstellung zu dem Resultate, dass unter den gegebenen Voraussetzungen, bei weitem die wahrscheinlichere Bahnform die ausgeprägte Hyperbel sei.«

Gleichwohl ist die Richtigkeit dieses Resultates neuerlich wieder bestritten worden. Prof. v. Niessl hat deshalb das Problem von allgemeinen Gesichtspunkten aus nochmals behandelt und die Formeln dazu entwickelt. Er gelangt dabei zu dem Resultate, dass die Wahrscheinlichkeit der elliptischen Bahnen desto grösser erscheint, je kleiner die Geschwindigkeit der Sonne genommen wird. Allein man kann, nach allen vorliegenden Erfahrungen über die Bewegung des Sonnensystems, diese unmöglich so klein nehmen, dass dieser Bruch den Wert $^1/_2$ erhält, d. h. dass die elliptischen Bahnen auch nur ebenso wahrscheinlich würden als die damit verglichene, doch nur kleine Gruppe jener Hyperbeln. Dies würde nämlich ungefähr für eine Eigenbewegung der Sonne von 0.028 geographischen Meilen der Fall sein, während man annehmen muss, dass sie in Wirklichkeit wohl 40- bis 100-mal so gross sein mag.

Für alle irgendwie annehmbaren Werte dieser Eigenbewegung werden die elliptischen Bahnen schon sehr unwahrscheinlich. Für eine geographische Meile wird z. B. der Bruch $^1/_{71}$, für zwei geographische Meilen wird nur mehr $^1/_{152}$ als Wahrscheinlichkeit anzunehmen sein.

Wie Prof. v. Niessl an einem bestimmten Beispiele zeigt, ergiebt sich unter den thatsächlich stattfindenden Verhältnissen der Sonnenbewegung aufs deutlichste das beträchtliche Vorwalten der entschiedenen Hyperbeln, die doch bei den Kometenbahnen in Wirklichkeit so gut wie gar nicht vertreten sind.

»Wäre,« bemerkt Prof. v. Niessl, »über die räumliche Bewegung des Sonnensystems noch gar nichts bekannt, so könnte man aus dem Fehlen der entschiedenen Hyperbeln unter den Kometenbahnen den Schluss ziehen, dass die Geschwindigkeit, mit welcher die Sonne im Weltraume fortschreitet, äusserst gering, ja unerheblich sei. Da dies aber nach den vorliegenden Erfahrungen kaum mehr angeht, bleibt, wenn man die Kometen als fremde Weltkörper betrachtet, doch nichts anderes übrig, als die bekannten speziellen Annahmen über ihre ursprüngliche Bewegungsrichtung und Geschwindigkeit gelten zu lassen.

Sieht man von einigen charakteristischen reichen Sternschnuppenströmen kürzerer Dauer ab und beschränkt sich auf die sogenannten sporadischen Meteore, welche die Eigentümlichkeiten der täglichen und jährlichen Variation bedingen, so kann das thatsächliche Vorwalten hyperbolischer Bahnen, freilich solcher von nicht allzukleiner Axe, wie es auch die Theorie erfordert, kaum ernstlich mehr bezweifelt werden. Es besteht daher keine Schwierigkeit, diese Meteore als stellare Körper allgemeiner Art zu betrachten.«

Die halbjährige Periode der Häufigkeit der Sternschnuppen. Schon 1864 hat A. Herschel darauf hingewiesen, dass eine solche halbjährige Periode besteht, indem die Erde auf ihrem Wege vom Aphele zum Perihele, also in der zweiten Jahreshälfte, mehr Sternschnuppen begegnet, als in der ersten. Er meinte damals, dies rühre von der verschiedenen Stellung der Erdaxe zur Erdbahn her, indem vom Juni bis Dezember die nördliche Hemisphäre sich vorn befindet und daher mehr Meteore treffen müsse, als vom Januar bis Juni, wo die Nordhalbkugel nach hinten gekehrt ist; die Südhemisphäre müsse sich entgegengesetzt verhalten. Diese Erklärung ist von Pritchard, Schiaparelli und Lockyer angenommen worden. G. Bompas weist nun[1]) aus dem Beobachtungsmateriale Coulvier Gravier's und aus Denning's Angaben über die mittlere stündliche Zahl der Sternschnuppen in den einzelnen Monaten (wobei natürlich die besonderen Sternschnuppenschwärme der Perseïden, Leoniden u. s. w. nicht mitgezählt werden) nach, dass die von Herschel angeführte Ungleichheit existiert, und dass in der zweiten Hälfte 2- bis $2^1/_2$-mal soviel Meteore beobachtet werden, als in der ersten. Was aber die Ursache der Erscheinung betrifft, so muss im Prinzip zugegeben werden, dass die verschiedene Stellung der Erdaxe in den beiden Jahreshälften eine Differenz in der Zahl der Meteore veranlassen müsse, aber schwerlich

[1]) Monthly Notices of the Royal Astr. Soc. 1894. **54.** p. 531.

einen so grossen Unterschied, wie er beobachtet worden. Noch mehr aber wird diese Erklärung erschüttert durch die Thatsache, dass aus Neumayer's Beobachtungen zu Melbourne in den Jahren 1858 — 1863 sich eine mittlere monatliche Stundenzahl für das 1. Halbjahr von 12 und für das 2. Halbjahr von 17.3 ergiebt. Hier also, wo infolge der Stellung der Erdaxe die stündliche Zahl im 1. Halbjahre grösser sein sollte, ist sie gleichfalls kleiner, wenn auch der Unterschied, zweifellos wegen der Stellung der Erdaxe, bedeutend kleiner ist, als auf der nördlichen Hemisphäre.

Die halbjährige Variation der Meteore muss daher noch eine andere Ursache haben, und Bompas vermutet dieselbe in der kosmischen Bewegung unseres Sonnensystems, welche die absolute Bewegung der Erde in der 1. Hälfte des Jahres, während sie zum Aphele sich bewegt, schneller macht als in der 2. Hälfte des Jahres, und daher dahin wirken muss, eine halbjährige Verschiedenheit in der Zahl der begegneten Meteore zu veranlassen. Wenn die Meteore im Raume ruhend wären und vom Sonnensysteme getroffen würden, dann würde eine entgegengesetzte halbjährige Variation als die beobachtete sich zeigen, die grössere Zahl der Meteore würde von der Erde in der ersten Hälfte des Jahres getroffen werden, wo ihre Bewegung am schnellsten ist. Wenn man aber annimmt, dass die Mehrzahl der Meteore eine Eigenbewegung besitzt in einer ähnlichen Richtung, aber eine schnellere, wie die Sonne, dann kehren sich die Verhältnisse um, und die grössere Zahl der Meteore wird in der 2. Hälfte des Jahres gesehen werden, wenn die relative Bewegung der Meteore und der Erde am grössten sein wird, da sie dann aus der Summe ihrer Geschwindigkeiten besteht, wenn sie sich begegnen, anstatt aus der Differenz dieser Geschwindigkeiten, wie in der 1. Hälfte des Jahres. Eine weitere Konsequenz dieser Annahme würde dann sein, dass die Meteore eine unabhängige kosmische Bewegung besitzen, dass sie also aus dem Sternraume zu uns kommen [1]).

Die Meteore des April. W. G. S. Monck kommt zu dem Ergebnisse, dass die Sternschnuppen des April nicht aus einem einzigen Radianten, sondern aus mehreren gleichzeitig thätigen Radiationspunkten herrühren, von denen einige sich in beträchtlicher Entfernung vom Kometenradianten befinden. Diese Radianten verändern im Laufe der Zeit ihre Lage etwas innerhalb einer Fläche, welche Monck als Radiationsfläche bezeichnet. Der Hauptradiant (nahe in 44° Rektaszension und + 56° Deklination) soll vom Juni bis zum Dezember thätig bleiben [2]).

Die Photographie von Sternschnuppen ist Elkin vom Yale-Observatorium am 9. August 1893 gelungen. Es wurden drei helle Sternschnuppen aufgenommen, von denen eine sehr glänzende einen

[1]) Naturw. Rundsch. **9.** p. 537.
[2]) Publ. Astr. Society of Pacific **8.** Nr. 16.

6° langen Streifen auf der Platte hinterliess. Am gleichen Abende wurde diese Sternschnuppe an einem 29 englische Meilen entfernten Punkte ebenfalls photographiert von John E. Lewis. Die Berechnung beider Aufnahmen ergab, dass das Meteor 68 englische Meilen über dem Boden war, als es auftauchte, und 51.65 englische Meilen beim Verschwinden. Am 10. Dezember wurden ebenfalls Meteore photographiert, doch fehlt es zur Höhenberechnung an korrespondierenden Aufnahmen [1]).

Das photographische Bogenspektrum des Eisenmeteoriten von Nejed und Obernkirchen hat N. Lockyer dargestellt und untersucht [2]), indem er den Teil des Spektrums zwischen den Linien K und B mit demjenigen verglich, welchen das Spektrum des reinen elektrolytischen Eisens giebt. Folgendes sind die von ihm formulierten Ergebnisse:

»1. Die Spektra der beiden Meteoriten stimmen nahe überein, sowohl bezüglich der Zahl wie der Intensität der Linien; die geringen Unterschiede in der Zahl rühren wahrscheinlich von Verschiedenheiten im Exponieren her.

2. Die Spektra der Meteoriten und das Spektrum der Sonne zeigen sehr grosse Ähnlichkeit. Die Eisenlinien haben beiderseits dieselbe relative Stärke, was darauf hinweist, dass die Temperatur des Eisendampfes, welcher die Mehrzahl der Eisenlinien erzeugt, in der Sonne ungefähr dieselbe ist, wie die des elektrischen Bogens.

3. Die Resultate der Untersuchung über den Ursprung der übrigen Linien, ausser den Eisenlinien, können wie folgt zusammengefasst werden. Sicher anwesende Substanzen sind: Mangan, Kobalt, Nickel, Chrom, Titan, Kupfer, Barium, Calcium, Natrium, Kalium; wahrscheinlich vorhanden sind: Strontium, Blei, Lithium, Cer, Molybdän, Vanadium, Didymium, Uran, Wolfram.

4. Von den wenigen schwachen Linien in den Tabellen, für welche aus den Kensingtoner Tafeln der metallischen Bogenspektra der Ursprung nicht hat aufgefunden werden können, scheint die Mehrzahl zusammenzufallen mit Linien, welche Kayser und Runge im Eisenspektrum angegeben haben; dieselben sind in den Kensingtoner Photographien nicht aufgetreten, wahrscheinlich wegen ungenügender Exposition.

5. Berücksichtigt man näher den Intensitätsunterschied identischer Linien in den beiden Spektren, so kann eine roh annähernde Bestimmung gemacht werden über die relative Menge der verschiedenen, in den Meteoriten vorhandenen Substanzen. So wurde gefunden, dass der hauptsächlichste Unterschied der beiden Meteoriten darin besteht, dass in dem Nejed-Eisen Calcium vorwiegt, und im Obernkirchen-Meteoriten Nickel, Barium und Strontium.«

---

[1]) American Journal of Science. Februar 1894.
[2]) Proceedings of the Royal Society 1894. **55.** p. 139.

Fixsterne.

Photometrische Messungen der Sterne 1. bis 7.5 Grösse. Eine grosse und wichtige Arbeit, die genaue photometrische Messung aller Sterne des nördlichen Himmels, die den Grössenklassen 1 bis 7.5 angehören, ist auf dem astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam unternommen und grösstenteils schon durchgeführt worden. Derjenige Teil dieser Arbeit, welcher sich auf die Sterne zwischen dem Äquator und 20° nördl. Br. bezieht, wurde bereits veröffentlicht [1]). Die Beobachtungen wurden von Prof. Müller und Dr. Kempf am 1. Oktober 1886 begonnen und am 1. April 1893 beendigt. Als Instrument diente ein Zöllner'sches Astrophotometer. In der Einleitung verbreiten sich die Beobachter eingehend über die Ausdehnung, Methode und Berechnungsweise ihrer Beobachtungen. Die Wahl der Grössenklasse 7.5 als untere Grenze für die Ausdehnung der Beobachtungen ist zum Teile deshalb getroffen worden, weil die mehrmalige Beobachtung der etwa 14000 Sterne bis zu dieser Grösse, welche der nördliche Himmel aufweist, eine so geraume Zeit beansprucht, dass eine weitere Ausdehnung die Vollendung der Arbeit in absehbarer Zeit nicht gestattet hätte.

Da die Helligkeitsangaben der Fixsterne nur als relative zu betrachten sind, die Einheit, auf die sie bezogen werden können, also beliebig ist, so wäre es naheliegend gewesen, ähnlich wie die Beobachter in Cambridge, den Polarstern als Vergleichsobjekt bei allen Beobachtungen zu benutzen. Indessen trat hierbei der Übelstand ein, dass die meisten Sterne zu weit von diesem Normalsterne abstehen, und jede Ungleichartigkeit in der Durchsichtigkeit der Luft die Messungen verfälscht. Deshalb wählten die beiden Beobachter eine Anzahl von Fundamentalsternen, die über den ganzen Himmel verteilt sind, und schlossen die Messungen der sämtlichen anderen Sterne an den ihnen zunächst stehenden Normalstern an. Die Beobachter haben zunächst die sämtlichen Normalsterne für den ganzen nördlichen Himmel bestimmt und zu einem Systeme vereinigt. Die Ausführung dieses Planes hat zwar ebensoviel Arbeit erfordert wie die Durchbeobachtung desjenigen ganzen Teiles des Unternehmens, welcher jetzt vorliegt, dagegen ist nun aber auch eine völlig genügende Verbindung der späteren Beobachtungen (in den Zonen von +20° Dekl. bis zum Nordpole) gesichert und die Möglichkeit gegeben, jederzeit die Auffassung der Beobachter und die Unveränderlichkeit der angewandten Instrumente an dem Fundamentalsysteme zu kontrollieren. Die Gesamtzahl dieser Normalsterne beträgt 144.

Durch die photometrischen Messungen werden die Verhältnisse der Lichtmengen der Sterne ermittelt, während bei den gebräuchlichen Angaben in Grössenklassen nur Helligkeits*unterschiede* in Betracht kommen. Der Begriff einer Grössenklasse ist bekanntlich ein ganz willkürlicher und dadurch entstanden, dass man schon in

[1]) Publ d. astrophys. Observ. zu Potsdam 9.

frühen Zeiten die hellsten Sterne am Himmel als 1. Grösse, die schwächsten, welche das blosse Auge eben noch wahrnehmen kann, als 6. Grösse bezeichnete und das dazwischen liegende Helligkeitsintervall in gleiche Stufen zu teilen suchte. Aus den bisherigen Untersuchungen, welche mit Seidel beginnen, hat sich ergeben, dass die Zahl, welche das Helligkeitsverhältnis zweier aufeinanderfolgender Grössenklassen ausdrückt, je nach der Helligkeit der Sterne kleinen Schwankungen unterliegt. Indessen ist der Begriff der Sterngrösse bereits so fest eingebürgert, dass es nicht zweckmässig ist, bei Herstellung genauer Helligkeitsverzeichnisse der Sterne ihn aufzugeben und an seiner Stelle die wahren Helligkeitsverhältnisse einzuführen. »Niemand,« sagen sehr richtig die beiden Beobachter, „wird sich bei Betrachtung zweier Sterne eine Vorstellung machen können, wievielmal der eine heller als der andere ist, während die Angaben der Grössenunterschiede jener ohne weiteres verständlich ist. Nur wird es dringend notwendig sein, eine Einheitlichkeit in der Bezeichnung anzustreben und den Begriff der photometrischen Grösse ein für allemal zu fixieren. Die »Harvard Photometry« und die »Uranometria nova Oxoniensis« sind mit gutem Beispiele vorangegangen und haben für den Logarithmus des Helligkeitsverhältnisses zweier aufeinanderfolgender photometrischer Grössenklassen durchweg die bereits von Pogson vorgeschlagene Zahl 0.40 eingeführt, welche ungefähr der Mittelwert aus allen vorhandenen Bestimmungen ist und sich wegen der Bequemlichkeit der Rechnung besonders empfiehlt. Da kein Grund vorliegt, den so definierten Begriff einer photometrischen Grösse durch einen anderen zu ersetzen, so haben wir ebenfalls von ihm Gebrauch gemacht, und es wäre im höchsten Grade erwünscht, wenn dieser Begriff von nun an endgültig in die Photometrie eingeführt würde. Was den Nullpunkt des photometrischen Grössensystems anbetrifft, so könnte man denselben beliebig festsetzen und beispielsweise so legen, dass keine negativen Sterngrössen vorkommen könnten. Nicht uninteressant ist auch ein Vorschlag Fechner's, welcher empfiehlt, den Nullpunkt bei der Helligkeit eines Sternes festzusetzen, welcher für das blosse Auge eben in der Nachtdunkelheit verschwindet, und demnach den teleskopischen Sternen negative, den mit blossem Auge sichtbaren positive Grössenwerte beizulegen. In der Praxis werden diese und ähnliche Vorschläge kaum durchführbar sein, jedenfalls nicht früher, als bis die sämtlichen bisherigen Grössenangaben durch exakte photometrische Messungen ersetzt sind. Solange wir noch für den grössten Teil aller Sterne auf die Helligkeitsschätzungen der Bonner Durchmusterung oder anderer Kataloge angewiesen sind, empfiehlt es sich, die durch den langen Gebrauch sanktionierte Reihenfolge der Sterngrössen beizubehalten und das photometrische Grössenklassensystem an irgend einem Punkte mit dem bisher gebräuchlichen Grössensysteme zusammenfallen zu lassen. Es werden dann stets nur geringe Korrektionen erforderlich sein, um die bisherigen Helligkeitsangaben auf das photometrische System zu beziehen. Pickering hat

seine Grössen so gewählt, dass das Mittel aus seinen Helligkeitsbestimmungen für 100 Circumpolarsterne von der 2. bis zur 6. Grösse mit dem entsprechenden Mittel aus den Werten der Bonner Durchmusterung zusammenfällt, und unser System ist, wie schon hier kurz vorausgeschickt werden soll, so angelegt, dass die ausgewählten 144 Fundamentalsterne zwischen der 4. und 7. Grösse dieselbe mittlere Helligkeit ergeben, welche aus den zugehörigen Werten der Bonner Durchmusterung hervorgeht.

Infolge der Absorption, welche die Erdatmosphäre auf den hindurchgehenden Lichtstrahl ausübt, und die im Zenith am geringsten, m Horizonte am grössten ist, die aber auch je nach dem örtlichen Luftzustande wechselt, ist es nötig, alle Messungen auf eine und idieselbe Höhe über dem Horizonte (auf das Zenith) zu reduzieren, um sie untereinander vergleichbar zu machen. Diese Reduktion auf das Zenith beträgt bei den vorliegenden Messungen meist nur die 0.10 Grössenklasse, da die meisten Sterne in Höhen von 40° und 50° gemessen wurden.

Um gewisse Fehlerquellen, welche dem Zöllner'schen Photometer anhaften, zu eliminieren, haben die Beobachter streng vermieden, grosse Helligkeitsunterschiede direkt zu messen, und um die Messungen auf alle Sterne bis zur Grösse 7.5 ausdehnen zu können, sind zwei verschiedene Instrumente benutzt worden. Mit dem einen sind die schwächeren Sterne von der 6. Grösse an, mit dem anderen die übrigen Sterne beobachtet worden, und zwar die von der 4. bis 6. Grösse mit einem Objektive von längerer, die bis zur 4. Grösse mit einem Objektive von kürzerer Brennweite, eventuell noch mit Anwendung von Blenden. Die Verbindung der einzelnen Abteilungen untereinander geschah mit Hilfe der Fundamentalsterne, von denen die eine Hälfte für das stärkere, die andere für das schwächere Instrument passende Helligkeiten hatte. Die Diaphragmen für die künstlichen Sterne wurden in beiden Apparaten so gewählt, dass die Lichtscheibchen wirklichen Sternen von mittlerer Helligkeit gleichkamen, und auffallende Unterschiede im Aussehen weder bei den hellsten, noch bei den schwächsten Objekten zutage traten. Da die sämtlichen Sterne unabhängig von zwei Beobachtern gemessen sind, so giebt schon die Vergleichung dieser Messungen miteinander eine Vorstellung davon, ob persönliche Auffassungsfehler von verschiedenem Betrage vorkommen. Die genaue Untersuchung lehrt, dass dies nicht der Fall ist. Der vorliegende Katalog umfasst 3522 Objekte, darunter 29, welche in der Bonner Durchmusterung schwächer als 7.5 Grösse geschätzt sind, die aber doch noch mitgenommen wurden, weil sie in der Nähe von Zonensternen standen oder durch Farbe oder irgend sonst auffielen. Am Schlusse ihrer Arbeit geben die beiden Beobachter eingehende Untersuchungen über die persönlichen Unterschiede, über den Einfluss der Farbe der Sterne auf die Auffassung der Helligkeit, über die Genauigkeit der Messungen und

eine Vergleichung derselben mit der Bonner Durchmusterung, mit Pickering's und Pritchard's Messungen. Es ergiebt sich, dass zwischen den mit den beiden Instrumenten ausgeführten Messungen kein Unterschied nachweisbar ist, ebensowenig zeigen sich konstante Unterschiede zwischen den beiden Beobachtern, und auch die Färbungen der Sterne haben keinen Einfluss auf die Messungen ausgeübt. Die Vergleichung der Messungen mit den Angaben in der Bonner Durchmusterung zeigt, dass sich dies System der Sterngrössen in dem vorliegenden Kataloge für die Helligkeiten 6.0 bis 7.5 genau an das der Bonner Durchmusterung anschliesst. Anders ist es dagegen bei den hellen Sternen, für welche die Unterschiede mit der Helligkeit zunehmen und bei den Sternen 3. Grösse bereits $^1/_2$ Grössenklasse betragen; bei 21 Sternen stieg der Unterschied sogar bis auf 1 Grössenklasse. Die Vergleichung mit Pickering's Kataloge ergiebt, dass die Grössenangaben in dem vorliegenden Potsdamer Verzeichnisse im Durchschnitte die Sterne um 0.15 Grössenklassen schwächer ergeben, und, solange man die Grösse 7.5 nicht überschreitet, ein Einfluss der Helligkeit der Sterne auf diese Differenz nicht mit Sicherheit nachweisbar ist. Die Vergleichung mit Pritchard ergiebt, dass die Helligkeiten dort um etwa 0.13 Grössenklassen grösser sind als in dem Potsdamer Kataloge. Ferner stellt sich heraus, dass, wenn die weissen Sterne von allen Beobachtern gleich hell gesehen werden, die rötlichen von Pickering um etwa 0.2 Grössenklassen schwächer und von Müller und Kempf um ebensoviel heller gemessen wurden als in der Bonner Durchmusterung Der Grund hiervon liegt natürlich hauptsächlich in der ungleichen Empfindlichkeit der Augen der einzelnen Beobachter für die verschiedenen Farben. »Es ist hiernach,« sagen mit Recht die beiden Beobachter, »einleuchtend und kann nicht nachdrücklich genug betont werden, wie unstatthaft es ist, auf grund von Messungen oder gar Schätzungen verschiedener Bobachter einen Stern für veränderlich zu erklären, falls nicht das Verhältnis der betreffenden Beobachter zu einander in Beziehung auf die Auffassung von Farben bekannt ist, oder wenigstens die gefundenen Unterschiede solche Beträge erreichen, dass der Einfluss der Farbe dagegen unter allen Umständen verschwindet.«

Katalog der farbigen Sterne zwischen dem Nordpole und 23° südl. Deklination. Wie schon im vorigen Berichte kurz erwähnt wurde, hat Fr. Krüger ein umfassendes Verzeichnis der hellen farbigen Sterne mit ihren spektroskopischen Eigenschaften aufgestellt[1]). In der Einleitung giebt der Verfasser eine genaue Darstellung der früheren Arbeiten ähnlicher Art und verbreitet sich über die Grundsätze, die er bei seiner neuen Zusammenstellung befolgt hat, in folgender Weise: »Das erste grössere Verzeichnis farbiger Sterne erschien 1866 in den Astron. Nachr. Nr. 1591. Hier

[1]) Publikation der Kieler Sternwarte Nr. 8.

veröffentlichte Schjellerup einen Katalog der roten isolierten Sterne, welche bis zum Jahre 1866 bekannt geworden sind, in der Absicht, in jedem eintretenden Falle entscheiden zu können, inwiefern ein als rot beobachteter Stern von früheren Beobachtern als solcher bezeichnet war. Er nahm jeden Stern auf, wenn er das Kennzeichen einer wirklich eigentümlichen Auffassung der Farbenverschiedenheit im Sinne des roten Teiles des Spektrums von anderen Sternen trug. In den Astron. Nachr. Nr.1613 sind verschiedene Nachträge zu diesem Kataloge enthalten, dem in der Vierteljahrsschrift der Astron. Gesellschaft **9.** ein »Zweiter Katalog der roten isolierten Sterne, vervollständigt und fortgeführt bis zum Schlusse des Jahres 1874« folgte. Als Grundlage seiner Arbeiten hatte Schjellerup die drei einzigen bis dahin bekannten Verzeichnisse roter Sterne benutzen können, nämlich: 1. das von Lalande in Conn. des Temps pour l'an **15.** p. 378; 2. das von v. Zach in Corr. astron. **7.** p. 234 und 246; 3. das von Sir John Herschel in den Cape Observations p. 448.

Das hier niedergelegte Material konnte Schjellerup infolge seiner vielfachen Katalogarbeiten dann so vermehren, dass sein Katalog als für jene Zeit vollständig genannt werden muss. Die erste Ausgabe enthält 280 Nummern, während in der zweiten bereits 402 Sterne verzeichnet sind. Schon die erste Ausgabe hatte zur Entdeckung einiger neuen Veränderlichen geführt und Secchi zur Auffindung mancher Exemplare vom III. und aller Exemplare vom IV. Typus gedient. Fast gleichzeitig mit der ersten Ausgabe erschien auch E. Schönfeld's erster Katalog der Veränderlichen, und die drei Richtungen, bezüglich der roten, der veränderlichen und der Sterne mit ausgeprägten Absorptionsspektren traten immer mehr in intime Relation zu einander und förderten das Interesse an diesem Gegenstande so, dass, als neben einigen anderen kleineren Verzeichnissen J. Birmingham 1877 seinen Katalog »The red stars: Observations and Catalogue«, veröffentlichte, dieser bereits 724 Sterne aufzählen konnte. In der 1888 erschienenen neuen Ausgabe dieses Kataloges von T. E. Espin sind 1472 (darunter sind 408 Sterne südlicher als -23^{0}) Sterne enthalten, und zwar 766 eigentlich rote und 629 rötliche, ausserdem in einem Anhange noch 77, sowie 52 Sterne mit hellen Linien im Spektrum. Espin hatte sich bei seiner Neubearbeitung die Aufgabe gestellt, die interessantesten Sterne des Birmingham'schen Kataloges genauer zu verfolgen, weitere rote Sterne aufzusuchen und alle, soweit dies nicht bereits geschehen, spektroskopisch zu beobachten.

Die Arbeit Krüger's enthält eine Gesamtübersicht aller farbigen und durch ein Absorptionsspektrum bemerkenswerten Sterne vom Nordpole bis -23^{0} Deklination; dieselben sind, soweit die dem Verfasser zur Verfügung stehenden instrumentalen Hilfsmittel es erlaubten, auch auf ihr Spektrum geprüft worden. Es ist dieser Katalog daher zugleich der erste Versuch einer Katalogisierung aller Sterne vom III. und IV. Typus innerhalb der angegebenen Grenzen.

Auf die Mitnahme von Sternen südlicher als -23^0 musste Krüger verzichten, da eine einigermassen zuverlässige, mit den anderen Grössenbestimmungen zusammenhängende Grössenschätzung in geringer Höhe über dem Horizonte nicht mehr möglich ist. Ausserdem ändern in der Nähe des Horizontes die Sterne zu merklich ihre Farbe, wie wir dies an allen helleren Sternen und besonders beim Monde und der Sonne schon mit blossem Auge sehr deutlich wahrnehmen, da unsere Atmosphäre die blauen Strahlen mehr als die roten absorbiert und infolge dessen beim Auf- und Untergange all Himmelskörper rötlich erscheinen lässt. Das starke Fluktuieren des prismatischen Bildes lässt ferner ausser bei günstigster Luftbeschaffenheit eine sichere Beurteilung des Spektrums nicht mehr zu. Die Katalogisierung der südlicheren Sterne schien dem Verfasser darum besser einer besonderen Bearbeitung vorbehalten werden zu sollen.

Die Gesichtspunkte, von denen Krüger bei dieser Zusammenstellung ausgegangen ist, sind die folgenden. Aufgenommen wurde 1. jeder Stern, über den Krüger eine gut verbürgte Notiz fand, dass derselbe eine auffällige, von der grossen Mehrheit der anderen Sterne abweichende Färbung im Sinne des roten Teiles des Spektrums besitze, und 2. jeder Stern, dessen Spektrum durch Absorptionsbanden bemerkenswert ist.

In allen Fällen ist das Hauptgewicht aber auf 2. gelegt. Zu diesem Verfahren glaubte Verfasser berechtigt zu sein, da sowohl die beschreibende Farbenbeurteilung als auch die Grössenschätzungen nach einer lediglich im Gedächtnisse festgehaltenen Stufeneinteilung ohne sicher bestimmtes Vergleichsobjekt zu mangelhaft sind, um eine sichere Beurteilung über Veränderlichkeit in Farbe oder Helligkeit zu ermöglichen, ganz abgesehen davon, dass durch die Grösse und Beschaffenheit des verwendeten Instrumentes sowie durch die verschiedene physiologische Beschaffenheit des Auges bei verschiedenen Beobachtern Zufälligkeiten in die Beobachtungen hineinkommen müssen, die sich jeder Beurteilung entziehen. Nicht ohne Einfluss auf die Farbenintensität eines Sternes ist auch der jedesmalige augenblickliche Luftzustand, so dass ein und derselbe Stern an verschiedenen Abenden bei gleicher Höhe ganz verschiedene Grade der Intensität zeigen kann. Es sind darum alle Beobachtungen und Folgerungen über Farbenänderungen, deren Möglichkeit und Wahrscheinlichkeit an sich nicht zu bestreiten ist, nur mit grosser Vorsicht aufzunehmen und hier ganz unberücksichtigt gelassen.

Auch eine Trennung in eigentlich rote und rötliche Sterne wie bei Birmingham-Espin hat Krüger nicht für durchführbar gehalten, da nicht einmal die Wortbedeutung der zur Charakterisierung der Sternfarben gebrauchten Ausdrücke immer unzweifelhaft ist. Einzelne Beobachter gebrauchen z. B. rotgelb für rötlichgelb, andere für gelblichrot u. s. w. Es wäre darum zu wünschen, solange nicht ein einfaches zuverlässiges Kolorimeter zu diesen Untersuchungen erfunden ist, dass alle Beobachter sich wenigstens derselben Be-

zeichnungsweise bedienten. J. F. J. Schmidt und einige andere Astronomen haben die Intensitäten der Färbung in Zahlen ausgedrückt. J. F. J. Schmidt nannte rein weiss = 0, rein gelb = 4, orange = 6, rein rot = 10. Für seine Beobachtungen hat Krüger ebenfalls diese Bezeichnungsweise angenommen: die von ihm gebrauchten Zahlen haben die folgenden Bedeutungen:

0 = rein weiss	6 = orange
1 = bläulich weissgelb	7 = goldgelb
2 = gelblich weiss	8 = rötlich
3 = gelblich	9 = kupferrot
4 = rein gelb	10 = rein rot.
5 = strohgelb	

In dieser Tabelle sind alle möglichen Farben für alleinstehende Sterne enthalten, da die Grundfarbe des Kernlichtes bei allen stets gelb ist. Rein weisse sowohl wie rein rote Sterne giebt es nicht, und ebenso sind ausgesprochen grüne oder blaue isolierte Sterne bisher nicht beobachtet worden. Die grösste Zahl der Sterne gehört den Farbengraden 1—4 an, die kleinere Zahl der als gefärbt zu bezeichnenden den Graden 5—9.

Schon A. Secchi wies darauf hin, dass ein Zusammenhang zwischen Farbe und Spektrum besteht. W. Huggins stellte dann 1864 das Prinzip auf, dass die Farben der Sterne hauptsächlich von den Arten der Dämpfe, welche sie umgeben und gewisse Teile des Lichtes absorbieren, abhängen. Da also die Erkennung des Spektrums das Wesentliche ist, so hat Krüger die verschiedenen Farbenbeobachtungen nur so weit berücksichtigen zu müssen geglaubt, dass in fast allen Fällen nur die zeitlich am weitesten zurückliegende Beobachtung in den Bemerkungen angeführt ist, wenn der Stern von späteren Beobachtern als gleich oder ähnlich wie in der ersten Quelle angegeben, gefärbt bezeichnet ist, und nur da, wo die Farbenschätzungen sehr voneinander abweichen oder sonst für die Charakterisierung eines Sternes von Bedeutung zu sein schienen, sind auch spätere Beobachtungen mit herangezogen. Ebenso ist er auf die Grössenschätzungen nur in den wenigen Fällen, wo sich grosse Sprünge zeigten, eingegangen, da bei den stark gefärbten Sternen die Grössenschätzungen sehr schwierig und darum mit grossen Unsicherheiten behaftet sind, so dass bei demselben Beobachter oft Differenzen um ganze Grössenklassen vorkommen, wo ein anderer nur wenige Zehntel oder gar keine Änderung festzustellen vermochte.

Es sind ferner in diesem Kataloge eine Anzahl ganz unbedeutend oder gar nicht gefärbter Sterne mit enthalten, die er aus den früheren Verzeichnissen der farbigen Sterne mit herübergenommen hatte, und die wahrscheinlich nur infolge des verschiedenen Farbensehens verschiedener Beobachter dort eine Stelle gefunden haben, bei denen aber die Möglichkeit einer Farben- oder Typusänderung nicht ganz auszuschliessen ist.

Für die Bezeichnung des Spektraltypus hat Krüger sich der von Secchi aufgestellten Klassifizierung der Fixsternspektren bedient.

D'Arrest hatte auf grund seiner zahlreichen Beobachtungen die Vermutung ausgesprochen, dass am nördlichen Himmel nicht mehr viele Sterne mit deutlichem Absorptionsspektrum aufzufinden sein würden. Als er 1875 starb, kannte man 150 Sterne des Typus III und 23 des Typus IV, von denen 123 des Typus III als schön bezeichnet wurden. Dunér hat in seinem Kataloge 297 Sterne von den 475 damals bekannten Sternen des Typus III beobachtet, die fast alle als schön zu bezeichnen sind, und alle bis dahin aufgefundenen 55 Sterne vom Typus IV. Die Summe der jetzt als sicher bekannt anzusehenden Sterne vom III. und IV. Typus beträgt ca. 1054, von denen 103 auf den Typus IV entfallen; die Zahl der als schön zu bezeichnenden Exemplare hat sich aber seit dem Erscheinen des Dunér'schen Kataloges nur um verhältnismässig wenige Nummern vermehrt.

Dunér hat die Verteilung der Sterne vom III. und IV. Typus untersucht, indem er diese Sterne in bezug auf die Pole der Milchstrasse ordnete. Das Ergebnis war, dass zwar mit der Annäherung an die Milchstrasse entsprechend dem grösseren Sternreichtume dieser Himmelsgegend überhaupt die Sterne mit Absorptionsspektren häufiger auftreten, dass sich aber keine Gesetzmässigkeit in der Verteilung feststellen lässt. Dehnt man diese Betrachtung auf alle bis jetzt bekannten farbigen Sterne aus, so ergiebt sich ebenfalls, dass die Verteilung dieser Sterne ganz regellos ist, und Secchi's Vermutung, dass einzelne Gegenden durch bestimmte Typen besonders ausgezeichnet seien, sich nicht bestätigt.

Die charakteristischen Merkmale für die Sterne vom Typus III sind die nach Rot abfallenden, nach Violett scharf begrenzten Banden, welche namentlich den roten, gelben und grünen Teil des Spektrums durchziehen. Bei vielen Sternen ist die Absorption des Lichtes im Blau so stark, dass diese Farbe von der Fraunhofer'schen Linie G ab fast ganz verschwindet; bei anderen Sternen dagegen bleibt Blau mit seinen Banden gut sichtbar, so dass infolge der verschiedenen Absorption, hauptsächlich in diesem brechbareren Teile des Spektrums, die Farbe dieser Sterne stark variiert. Neben den Banden lassen sich bei den helleren Sternen noch zahlreiche Linien beobachten, die hauptsächlich dem Na und Fe anzugehören scheinen. Von den Banden sind im allgemeinen sieben (2—8) leicht, bei den schöner entwickelten neun und bisweilen sogar elf zu erkennen. Die Lage dieser Banden ist bei allen Sternen dieser Gattung als stereotyp anzusehen.

Nach den Untersuchungen von Dunér endigt:

Bande 2 bei 616.4 mit einer Doppellinie des Ca.

Bande 3 bei 585.6 mit einer Linie des Ca, die hier schwach, im Sonnenspektrum aber gut sichtbar ist.

Bande 4 mit 2 Linien, von denen die eine dem Ca, die andere Fe angehört.

Bande 5 bei 545.0 und 544.4 mit sehr starken Linien des Fe.

Bande 7 mit der b-Gruppe.

Bande 8 bei 495.8 mit einer starken Linie des Fe.

Bande 9 mit einer starken, nicht mit einer Sonnenlinie zu identifizierenden Linie.

Von den Banden sind 2 und 3 in der Regel am kräftigsten entwickelt, 4, 5 und 6 gleichen oft nur verbreiterten starken Linien; 7 und 8 sind meist ebenso schön und scharf charakterisiert wie 2 und 3, die sie in einigen Fällen an Breite und Intensität sogar noch übertreffen; 9, 10 und 11 sind nur bei solchen Sternen leicht zu erkennen, bei denen das brechbarere Ende einigermassen hell ist. Die Intensität und die Entwickelung der einzelnen Banden zwischen verschiedenen Sternen weicht oft sehr stark voneinander ab, und es kommen alle möglichen Zwischenstufen vom reinen Typus III mit einem ganz diskontinuierlichen Spektrum bis zu einem schon sonnenähnlichen Typus (II) vor.

Die Lage der Banden in den Spektren vom Typus IV der Secchi'schen Klassifikation ergiebt sich aus der folgenden Tabelle:

	No. 2122		No. 1 008		No. 610	No. 894	No. 1923
	V.	D.	V.	D.	V.	D.	V.
Anfang des Sp.	—	—	660 :	—	—	—	—
Bande 1 Anf.	656 :	—	—	—	—	—	—
Bande 2 Anf.	622 :	621	622 :	—	623 :	—	—
Bande 3 Anf.	606.5	604.8	—	—	—	—	—

Verfasser giebt Tabellen der Wellenlängen der Banden in dem Spektrum des III. und IV. Typus. Die Gesamtzahl der von ihm katalogisierten roten Sterne beläuft sich auf 2153 im Hauptkataloge und 144 im Nachtrage dazu. Seine eigenen Beobachtungen hat er an dem 8-zölligen Refraktor der Kieler Sternwarte mit Hilfe von Töpfer'schen Okularspektroskopen ausgeführt. Dabei wurde der zu untersuchende Stern zuerst mit dem Prismensatze schwächster Dispersion und darauf mit starken Spektroskopen untersucht. Die Beurteilung der Grösse und Farbe erfolgte ebenfalls mit dem Refraktor, und zwar die Farbe nach dem Aussehen der durch die Zylinderlinse erzeugten Brennlinie des Sternes. Die Bemerkung Krüger's, dass die Farbenbestimmung durch Zahlen zuerst von J. J. Schmidt benutzt worden, ist übrigens irrig, Schmidt hat selbst in den Astron. Nachr. ausgesprochen, dass diese Methode zuerst von Dr. Klein angewandt worden sei, also von diesem auch weit früher als von Dunér.

Die mittleren Parallaxen von Sternen verschiedener Grössenklassen und verschiedener scheinbarer Bewegungen. Auf den Zusammenstellungen fussend, welche Prof. Oudemans von

den bis jetzt bestimmten Fixsternparallaxen gegeben hat, hat Prof. Hugo Gyldén eine mathematische Untersuchung über den mittleren Betrag der Sternparallaxen angestellt[1]). Er ordnet die benutzten Parallaxenwerte der sechs Gruppen teils nach der Helligkeit, teils nach dem Betrage der scheinbaren Bewegung. Diese Gruppen geben folgende Mittelwerte, wobei π die Parallaxe, s die jährliche Bewegung im grössten Kreise und m die Helligkeit in Sterngrössen bezeichnet:

	π	s	m
I	0 237″	2.181″	2 52
II	0.137	0.523	1.81
III	0.123	0.066	2.46
IV	0 281	4.723	6.87
V	0.143	1.393	6.96
VI	0 060	0.495	7.14

Indem nun Prof. Gyldén mit Benutzung früher von ihm entwickelter Formeln aus diesen sechs Mittelwerten die mittlere Parallaxe der Sterne 1. Grösse ableitete, ergab sich, dass diese Parallaxe aus jeder einzelnen Gruppe sehr verschieden sich ergiebt, und zwar um so grösser, je geringer die scheinbare Bewegung ist. So würde z. B. aus Gruppe I eine mittlere Parallaxe der Sterne 1. Grösse von 0.040″ folgen, aus Gruppe III dagegen von 0.683″. Freilich darf man nicht vergessen, dass die zu Grunde gelegten Parallaxenwerte sehr ungleiches Gewicht haben, und dass z. B. eine Parallaxe von 0.01″ (bei γ Cassiopejae) oder von 0.03″ (bei α Argus) nur als Rechnungsresultat anzusehen sein dürfte, dem die Wirklichkeit wohl kaum entspricht. Jedenfalls kam Gyldén zu der Überzeugung, dass seine frühere Hypothese zu verwerfen ist. Er hat daher eine neue Berechnung angestellt, wobei er von folgender Grundlage ausgeht.

Innerhalb der sechs obigen Gruppen gehören die drei ersten nahezu derselben Sterngrösse an, nämlich der zweiten, und ebenso die drei letzten, deren Sterngrösse im Mittel 7.0 ist. Innerhalb der drei ersten Gruppen für sich und innerhalb der drei letzten für sich lässt sich also die Abhängigkeit der Parallaxen von der scheinbaren Bewegung untersuchen, ohne dass man einen Einfluss der verschiedenen Helligkeiten zu fürchten hätte. Prof. Gyldén versucht, diese Abhängigkeit mathematisch darzustellen, und indem er bei der die mittleren Zahlenwerte am besten wiedergebenden Formel stehen bleibt, kommt er zu folgenden Schlussfolgerungen:

Die auf die scheinbare Bewegung Null reduzierten mittleren Parallaxen kommen sehr nahe gleich heraus. Es ist zu schliessen, dass die auf dieselbe Entfernung reduzierten Helligkeiten der Sterne in allen Entfernungen, von denen hier die Rede sein kann, durchschnittlich dieselben sind. Als sicherstes Resultat obiger Untersuchung sieht Prof. Gyldén die Bestimmung der mittleren und auf

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3258.

die scheinbare Bewegung Null reduzierten Parallaxen der Sterne 1. Grösse an. Der jetzt gefundene Wert kann als völlig übereinstimmend mit dem Peters'schen Werte 0.209″ angesehen werden. Prof. Gyldén giebt die folgende Tabelle der von ihm so berechneten mittleren Parallaxen der Sterne der verschiedenen Grössenklassen. In derselben bezeichnet die Kolumne m die Sterngrösse, P die entsprechende Parallaxe, T die Zeit in Jahren, welche das Licht gebraucht, die Entfernung, welche dieser Parallaxe entspricht, zu durchlaufen, P′ ist die nach der photometrischen Formel auf grund der mit zunehmender Grössenklasse abnehmenden Helligkeit berechnete Parallaxe (wobei das Helligkeitsverhältnis der aufeinanderfolgenden Grössenklassen gemäss den Untersuchungen von Lindemann angenommen wurde), P″ endlich giebt die mittleren Parallaxen, wie sie aus der Annahme einer gleichförmigen Verteilung der Sterne im Weltraume folgen.

m	P	T	P′	P″
1	0.1614″	20		
2	0.1231″	26		
3	0.0910″	36	0.0910″	
4	0.0654″	50	0.0673″	
5	0.0460″	70	0.0479″	
6	0 0317″	102	0.0327″	0.0317″
7	0.0215″	151	0.0214″	0.0219″
8	0 0144″	225	0.0135″	0.0139″
9	0.0095″	341	0.0082″	0.0073″
10	0.0067″	521		

Schwankungen des scheinbaren Abstandes der beiden Komponenten des Doppelsternes 61 Cygni. Der Doppelstern Nr. 61 im Schwane ist bekanntlich dadurch merkwürdig, dass er eine sehr grosse Eigenbewegung besitzt, die für Bessel die Veranlassung wurde, diesen Stern auf seine jährliche Parallaxe und also auf seine Entfernung von der Sonne zu untersuchen. In der That fand Bessel, dass der Stern eine messbare Parallaxe besitzt. Seine Ergebnisse aus den Beobachtungen vom 18. August 1837 bis 2. Oktober 1838 ergaben als Wert der Parallaxe 0.3136″ mit einem wahrscheinlichen Fehler von nur 0.0136″. Eine spätere Fortsetzung der Messungen ergab als definitive Parallaxe 0.3483″ mit einem wahrscheinlichen Fehler von 0.0533. Diese Parallaxe gilt aus verschiedenen Gründen für sehr sicher, während Struve und Auwers den sehr viel grösseren Wert von 0.5″ dafür fanden. Die Ursache dieser Verschiedenheit ist nicht aufgedeckt worden. In jüngster Zeit hat nun Dr. J. Wilsing in Potsdam den dortigen grossen photographischen Refraktor zu Untersuchungen über die Anwendbarkeit der Photographie auf dem Gebiete feinster mikrometrischer Ortsbestimmungen am Himmel benutzt. Die Ergebnisse dieser Untersuchung, welche der Preussischen Akademie der Wissenschaften vorgelegt

wurden [1]), haben zu einem ebenso interessanten als unerwarteten Resultate geführt.

Als Untersuchungsobjekt wurde der eben genannte Doppelstern 61 Cygni gewählt, dessen Parallaxe von verschiedenen Beobachtern ermittelt worden ist und daher als verhältnismässig sicher bekannt vorausgesetzt werden durfte. Im Herbste 1890 begann Dr. Wilsing mit den Aufnahmen. Aus seiner eingehenden, bisher noch nicht veröffentlichten Bearbeitung ergab sich als allgemeine Schlussfolgerung, dass die Übereinstimmung der Resultate der Distanzmessungen auf den photographischen Platten derjenigen der besten mikrometrischen Messungen am Himmel gleichkommt. Allein gerade derjenige Teil der Diskussion, welcher sich auf die Parallaxe von 61 Cygni selbst bezog, konnte zu keinem befriedigenden Abschlusse geführt werden, da die Abweichungen der auf zwei verschiedene Vergleichssterne sich beziehenden Parallaxen nicht innerhalb der zu erwartenden Genauigkeitsgrenzen lagen, so dass eine bei der Reduktion der Messungen nicht berücksichtigte Fehlerursache vorhanden sein musste. Als nächstliegende Erklärung der erwähnten Abweichungen konnte das Vorhandensein eines merklichen Unterschiedes zwischen den Parallaxen der Vergleichssterne gelten, allein die Messung ihres Abstandes selbst zeigte keinerlei parallaktische Schwankung. Die beiden Vergleichssterne sind in nahe 90° verschiedenen Richtungen von 61 Cygni aus gelegen; es blieb daher die Möglichkeit übrig, die Ursache in einer wesentlich in der Richtung nach dem einen der beiden Sterne gerichteten veränderlichen Bewegung des Mittelpunktes der Verbindungslinie beider Komponenten, auf welche sich die Messungen beziehen, zu suchen. Es liess sich erwarten, dass die Existenz einer derartigen Schwankung sich in der Veränderlichkeit der Entfernung beider Sterne bemerkbar machen würde. Deshalb wurde nun der Abstand der Komponenten von 61 Cygni durch direkte Messungen bestimmt, welche diese Vermutung vollkommen bestätigt und zu dem sehr interessanten Resultate geführt haben, dass der Abstand eine periodische Veränderung, nach dem bisher vorliegenden Materiale mit einer Periodendauer von etwa 22 Monaten, erleidet.

Dr. Wilsing teilt den Gang dieser Untersuchung, die Anordnung der Messungsreihen und die Untersuchung der möglichen Fehlerquellen im einzelnen mit. Die Aufnahmen erstreckten sich auf den Zeitraum vom Oktober 1890 bis September 1893, und es sind 100 Platten mit 386 Aufnahmen vorhanden. Die berechneten Abweichungen vom Mittelwerte der Distanz beider Komponenten lassen, besonders wenn sie graphisch dargestellt werden, eine periodische Schwankung von 0.3″ erkennen. Vom April 1891 nimmt die Distanz bis Ende Juni um 0.2″ ab, wächst in den folgenden fünf Monaten wieder um mehr als 0.3″ und erreicht ein Maximum im Dezember. Nunmehr nimmt die Entfernung bis zum Juni wieder um 0.15″ ab.

---

[1]) Sitzungsber. der Preuss. Akademie d. Wiss. 1893. 5. p. 879.

Von da bis Ende 1892 sind leider keine Platten vorhanden, da die Aufnahmen erst wieder begonnen wurden, als die Veränderlichkeit des Abstandes aus der Diskussion des bereits vorhandenen Materials mit Sicherheit hervorging. Doch scheint es nach dem übrigen Verlaufe der Kurve wahrscheinlich, dass bis zum Beginne des Jahres 1863 keine beträchtlichen Schwankungen der Distanz stattgefunden haben. Vom Januar 1893 an erfolgte eine schnelle Abnahme der Entfernung um ungefähr 0.2″ bis zu einem Minimum Anfang April 1893. Die Entfernung der Sterne begann dann wieder zuzunehmen und hatte im Juli 1893 den Minimalbetrag bereits um 0.2″ überschritten.

Dr. Wilsing zeigt, dass diese Veränderungen der Distanz nicht scheinbar sein können, dass sie vor allem auch nicht etwa einem Einflusse der spektralen Deformierung der Sternpunkte durch die Lichtbrechung unserer Atmosphäre zugeschrieben werden können, und sagt am Schlusse seiner Abhandlung: »Ich glaube daher, die aus der Messung sich ergebenden Schwankungen bis 0.3″ im Abstande der beiden Komponenten von 61 Cygni als reelle ansehen zu müssen. Ihre Ursache kann dann nur in dem Vorhandensein eines oder mehrerer Begleiter der Sterne gesucht werden.

Nach den vorliegenden Beobachtungen scheinen die Distanzänderungen einer Periode von etwa 22 Monaten unterworfen zu sein, und ihre Amplitude scheint nahezu 0.3″ zu betragen. Systeme dieser Ordnung sind geeignet, die Lücke auszufüllen, welche bisher noch zwischen den optisch auflösbaren und den von Vogel und Pickering auf spektrographischem Wege entdeckten engen Doppelsternen besteht.

Die Distanzänderungen sind geringfügig genug, um in der Zusammenstellung der nur vereinzelt in verschiedenen Jahren angestellten direkten Beobachtungen am Himmel durch die Beobachtungsfehler verdeckt werden zu können; dagegen wird das Vorhandensein einer derartigen periodischen Distanzänderung vielleicht für die Abweichungen der von verschiedenen Beobachtern gefundenen Parallaxen von 61 Cygni, deren Betrag häufig die anscheinende Unsicherheit beträchtlich überschreitet, die Erklärung bieten. Ihre Feststellung ermöglicht zu haben, muss als ein besonderer Vorzug der photographischen Behandlung des Gegenstandes gelten, da nur die photographische Fixierung des Messungsobjektes die Aufklärung der bei der Untersuchung zutage tretenden Erscheinung erlaubte.«

Die Bahn von α Centauri ist von T. J. J. See untersucht worden[1]), wobei sämtliche zuverlässige Messungen einbezogen wurden. Aus 204 Einzelbeobachtungen sind Mittelwerte berechnet für die Winkel und Abstände der Komponenten, und aus diesen wurde die Bahn graphisch abgeleitet. Aus der Ellipse, welche die Beobachtungen

[1]) Monthly Notices of the Royal Astron. Soc. **54.** p. 102.

sehr befriedigend wiedergiebt, sind die nachstehenden Bahnelemente des Doppelsternes berechnet:

P = 81.07 Jahre	i = 79.74°
T = 1875.62	λ = 51.56
e = 0.52	a = 17.705″
Ω = 25.45°	n = +4.441840

Nimmt man die Parallaxe von α Centauri nach Gill und Elkin zu 0.75″, so beträgt die grosse Axe der Bahn 23.592 Erdweiten; daraus folgt, dass die Masse beider Komponenten gleich ist 1.998 Massen von Sonne und Erde oder ungefähr zweimal die Sonnenmasse. Der Begleiter von α Centauri bewegt sich in einer Bahn, deren grosse Axe etwa in der Mitte zwischen denen der Uranus- und der Neptunbahn liegt, aber die Bahn des Doppelsternes ist so exzentrisch, dass im Periastrium die beiden Sterne nur wenig weiter voneinander entfernt sind, als Sonne und Saturn, während im Apastrium der Abstand bedeutend grösser ist als der von Neptun und Sonne.

Das Spektrum von β Lyrae, eines veränderlichen Sterns, der zu den interessantesten Objekten am nördlichen Himmel gehört, ist in neuester Zeit von verschiedenen Seiten untersucht worden. Am eingehendsten von Prof. H. C. Vogel, der in einer grösseren Abhandlung[1]) nicht nur die eigenen Beobachtungen eingehend mitteilt und diskutiert, sondern auch die von anderen Astrophysikern angestellten Untersuchungen kritisch prüft. Das Spektrum gehört zur I. Spektralklasse und erstreckt sich sehr weit ins Violett, ist aber ausserdem im sichtbaren Teile von einzelnen hellen Linien durchzogen, unter denen die Wasserstofflinien Hγ und Hβ, sowie die Linie D_3 besonders hervortreten.

„Der Gedanke,“ bemerkt Prof. Vogel, „die hellen Linien im Spektrum von β Lyrae, deren Sichtbarkeit Schwankungen unterworfen zu sein schien, in Verbindung mit dem Lichtwechsel des Sternes zu bringen, lag nahe; jedoch haben die von verschiedenen Seiten gemachten Anstrengungen, einen solchen Zusammenhang ausfindig zu machen, zu keinem befriedigenden und abschliessenden Resultate geführt, und das Interesse an dem Sterne wurde erst wieder im Jahre 1891 aufs neue rege durch Pickering's Mitteilung, dass photographische Aufnahmen vom Spektrum dicht bei einander liegende helle und dunkle Linien erkennen liessen, die Veränderungen in bezug auf ihre relative Lage unterworfen wären. Leider war die Aussicht, auf dem Potsdamer Observatorium sich mit Erfolg mit diesem interessanten Objekte beschäftigen zu können, in Ermangelung eines ausreichend lichtstarken Instrumentes sehr gering. Für den grossen Spektrographen, mit welchem die Spektralaufnahmen für die Bewegungsbestimmung der Sterne im Visionsradius ausgeführt worden waren, war der Stern zu lichtschwach, auch machte sich bei schwächer zerstreuenden Instrumenten, in Verbindung mit dem 11-zölligen Refraktor gebracht, die Achromatisierung des Refraktorobjektivs für die optischen Strahlen sehr bemerkbar, indem nur ein kleiner Teil des photographierten Spektrums scharf erschien, und die Untersuchung wesentlich nur auf eine Linie hätte beschränkt werden müssen. Die Er-

[1]) Sitzber. der Preuss. Akademie 1894. 6. p. 115 u. ff.

folge, die mit einem Spektrographen mit schwacher Zerstreuung in Verbindung mit dem 13-zölligen photographischen Refraktor bei der Untersuchung des Spektrums der Nova Aurigae erzielt worden waren, liessen jedoch erwarten, dass auch im Spektrum von β Lyrae Details würden aufgefunden werden können, die nicht ohne Bedeutung für die Erkenntnis der Natur des Sternes bleiben würden, und ich habe mich daher bemüht, den nur provisorisch zusammengesetzten Apparat, der zu den erwähnten Beobachtungen gedient hatte, zu vervollkommnen und vor allen Dingen noch stabiler zu machen.

Die Spektra sind in dem verbesserten Apparate von ausserordentlicher Schärfe. Dadurch, dass das Camera- und das Kollimatorobjektiv dieselbe Achromatisierung wie das Refraktorobjektiv erhalten haben, ist erreicht worden, dass die mit dem Apparate in Verbindung mit dem photographischen Refraktor hergestellten Sternspektra über die grosse Strecke des Spektrums von λ 380 $\mu\mu$ bis λ 450 $\mu\mu$ nahezu dieselbe Schärfe besitzen. Die Dispersion ist etwas grösser als die des früheren Apparates, etwa im Verhältnisse 5 : 3.

Das bisher erhaltene Beobachtungsmaterial ist, dank den eifrigen Bemühungen des Dr. Wilsing, ein recht grosses. Es wird besonders dadurch wertvoll, dass an jedem Beobachtungsabende mehrere Aufnahmen unter Variation der Expositionszeit und der Breite des Spektrums gemacht worden sind, wodurch für den Abend ein von zufälligen Fehlern möglichst freies Resultat, nur von dem im allgemeinen mehr oder weniger günstigen Luftzustande abhängig, gesichert war. Die Expositionszeiten schwankten zwischen 15 und 60 Minuten; die Breite des Spektrums, durch veränderten Gang des Uhrwerks hervorgebracht, variierte zwischen linienartiger Ausdehnung und 0.4 *mm* Breite; die Aufnahmen von etwa 0.2 *mm* Breite haben sich in bezug auf sichere Ausmessbarkeit und auf Erkennbarkeit von Details als die besten ergeben.

Vom 25. März bis 22. Dezember 1893 hat Dr. Wilsing an 46 Abenden 144 Aufnahmen gemacht. Ausserdem sind noch 7 Platten an 3 Abenden im November 1892 von Dr. Wilsing und 9 Platten an 9 Abenden im April und Mai 1892 von Prof. Frost angefertigt worden. Von den sämtlichen Platten sind 16% für eine eingehende Untersuchung ungeeignet; es gehören hierzu auch die zu kurz exponierten Platten, die jedoch in gewisser Beziehung lehrreich geworden sind, indem sie zeigten, von welchem grossen Einflusse eine einigermassen richtige Expositionszeit für eine wissenschaftliche Verwertung der Photographie ist, wie das auf länger exponierten Platten an einem und demselben Abende mit Leichtigkeit zu erkennende Detail auf kurz exponierten gänzlich verloren gehen kann. Im allgemeinen ist bei den Aufnahmen der stark störende Einfluss des Luftzustandes, namentlich der eines leichten Dunstschleiers, der für manche andere astronomische Beobachtungen so geeignet ist, sehr merklich hervorgetreten.

Über das Spektrum von β Lyrae im allgemeinen haben die von mir und Dr. Wilsing ausgeführten Messungen an besonders geeigneten Platten ergeben, dass die ganze Reihe der Wasserstofflinien $H\gamma$ bis $H\xi$ vorhanden ist. Sie erscheinen als breite, meist gut begrenzte Absorptionsstreifen. Ausser der kräftig ausgeprägten Linie K sind noch einige Linien, ähnlich den Wasserstofflinien, und mehrere zarte Linien im Spektrum sichtbar. Zu Zeiten befinden sich an der weniger brechbaren Seite an fast allen stärkeren Absorptionslinien helle Linien, unter denen besonders $H\gamma$ und $H\zeta$ (α) auffallen.«

Prof. Vogel giebt eine detaillierte Zusammenstellung der Resultate der Messungen mit Zugrundelegung von vier in den Monaten März, April und Dezember erhaltenen Platten. Auf einer Tafel giebt derselbe Astronom auch Abbildungen des Spektrums, wie es zur Zeit, wenn der Stern in seinem schwächsten Lichte erscheint, erhalten wird. Diese Abbildungen

sind sehr wichtig, da bisher nur Abbildungen vom sichtbaren Teile des Spektrums zwischen der Linie D_3 und $H\gamma$ von Belopolsky vorliegen, und die Beobachtungen in Potsdam demnach eine Ergänzung derselben bilden.

Was die Veränderungen im Spektrum anbelangt, so bemerkt Prof. Vogel darüber: »Zunächst hat sich ausser allem Zweifel ergeben, dass die Intensität des kontinuierlichen Spektrums mit der Lichtphase wechselt, und dass weder eine Verschiedenheit der relativen Intensität einzelner Teile des Spektrums, noch eine auffällige Verschiedenheit im Spektrum im allgemeinen zu den verschiedenen Lichtphasen platzgreift. Es ist nicht mit Sicherheit festzustellen, ob die hellen Linien im Spektrum in gleichem Masse mit dem kontinuierlichen Spektrum an Helligkeit zunehmen oder nicht; keinesfalls treten sie aber nur zur Zeit des grössten Lichtes des Sternes, wie früher von anderer Seite behauptet worden ist, auf; im Gegenteile deuten die hiesigen Aufnahmen eher darauf hin, dass die hellen Linien nicht an den regelmässigen Lichtschwankungen teilnehmen, da sie meist zur Zeit des Hauptminimums am auffallendsten sind, wohl nur infolge des Kontrastes gegen den schwächeren kontinuierlichen Untergrund. Auch die Anzahl der Linien ist keinem regelmässigen Wechsel unterworfen; sie ist in bezug auf die hauptsächlichsten Linien konstant, nur zeitweilig sind noch eine Anzahl feinerer Linien, helle sowie dunkle, zu erkennen, wahrscheinlich aber nur infolge des besonders geeigneten Luftzustandes oder der Güte der Photographie. (Solche besonders wohl gelungenen Aufnahmen führen zu der Vermutung, dass bei genügender Dispersion das Spektrum sich als ein sehr linienreiches darstellen wird.)

Nur kleinere Veränderungen in der gegenseitigen Lage der meist paarweise auftretenden hellen und dunklen Linien im Spektrum sind zu beobachten, die für längere Zeit allerdings in einem gewissen Zusammenhange mit den periodischen Lichtschwankungen des Sternes stehen. Es zeigte sich, dass zur Zeit des Hauptminimums die Absorptionslinien sehr deutlich hervortreten, und die hellen Linien dicht neben den dunklen nach der weniger brechbaren Seite des Spektrums hin gelegen sind. Zur Zeit der Maxima erscheinen die Absorptionslinien weniger deutlich; die hellen Linien sind zur Zeit des ersten Maximums noch nach Rot gelegen; zur Zeit des zweiten Maximums überdecken sie die Absorptionslinien, die infolge dessen sehr schmal erscheinen, und treten zu beiden Seiten der dunklen Linie als helle Linien auf, sind aber infolge der grösseren Helligkeit des kontinuierlichen Spektrums oft schwer zu sehen. Der Anblick der Linien in dem dazwischen liegenden zweiten Minimum ist nahe derselbe, wie zur Zeit des zweiten Maximums, die Absorptionslinien sind aber breiter und treten besser hervor.

Es beziehen sich diese Wahrnehmungen auf die meisten der stärkeren Linien zwischen λ 385 $\mu\mu$ und λ 450 $\mu\mu$ und nicht auf das ganze auf den Platten erhaltene Spektrum, da dasselbe bei λ 385 $\mu\mu$ sehr merklich an Intensität abnimmt, wenn für die übrigen Teile des Spektrums richtig exponiert ist, so dass keine sicheren Angaben über das Verhalten der brechbareren Wasserstofflinien aus den vorhandenen Aufnahmen gewonnen werden konnten. Auf einzelnen Platten zeigt sich, dass auch in diesem Teile des Spektrums zu Zeiten helle Linien neben den Absorptionslinien gelegen sind, zu anderen Zeiten dagegen die Absorptionslinien von den hellen Linien überdeckt werden und infolge dessen sehr matt erscheinen.

Viel prägnanter treten die hier angedeuteten Erscheinungen an der Linie $H\zeta$ (α) auf; sie ist bei weitem die auffallendste Linie in dem durch Photographie fixierten Spektrum. Während einige der hellen Linien zu manchen Zeiten kaum sichtbar sind, ist die helle Linie $H\zeta$ immer deutlich vorhanden; sie bildet oft, bei weniger guten Aufnahmen, das einzige Bemerkenswerte im Spektrum. Die helle Linie ist schmaler als die anderen

Wasserstofflinien; die Absorptionslinie erscheint stets scharf begrenzt und ganz besonders scharf geschnitten, wenn sie von der hellen Linie scheinbar eingeschlossen wird. Es ist bemerkenswert, dass die Absorptionslinie absolut dunkel ist; im Negative, eine Stelle ohne geringsten Silberniederschlag bildend, ist sie oft leuchtend hell. Die Erscheinung mag zum Teile in der Eigentümlichkeit der Photographie begründet sein, dass die Kontraste bei kräftiger Entwickelung sehr viel stärker hervortreten, als sie in Wirklichkeit sind; auffällig und einer besonderen Beachtung wohl wert bleibt das Verhalten der Linie aber immer im Vergleiche zu den anderen Linien des Spektrums.«

Obgleich Prof. Vogel die Beobachtungen über β Lyrae noch nicht als abgeschlossen betrachtet, hat er die bisher beobachteten Erscheinungen an der Linie $H\zeta$ vorläufig zusammenzufassen gesucht, um eine Basis für weitere Untersuchungen zu gewinnen, und teilt sie, da sie auch für andere Beobachter von Wichtigkeit, ausführlich mit. Die beobachteten Veränderungen sind auf die Zeiten des Lichtwechsels des Sternes bezogen, da schon die ersten Beobachtungen einen gewissen Zusammenhang mit demselben verrieten.

»A. 1. Zur Zeit des Hauptminimums und des darauf folgenden Maximums liegt die helle Linie neben der dunklen nach der Seite der grösseren Wellenlängen verschoben. Zeitweilig — besonders zur Zeit des 1. Maximums — ist auch an der Seite der kleineren Wellenlängen die dunkle Linie von einer hellen, aber nur ganz schmalen Linie begrenzt.

2. Bei dem 2. Minimum liegt die Absorptionslinie in der Mitte der hellen Linie, doch so, dass meist die nach Rot gelegene Komponente der als breite Doppellinie erscheinenden hellen Linie an Breite überwiegt. Auf der weniger brechbaren Seite der hellen Linie erscheint eine matte Absorptionslinie.

3. Bei dem 2. Maximum liegt die Absorptionslinie entweder genau in der Mitte der hellen Linie oder so, dass die nach der brechbareren Seite gelegene Komponente etwas breiter ist. Die schon erwähnte Absorptionslinie auf der weniger brechbaren Seite der hellen Linie ist sehr deutlich und ganz charakteristisch für das Aussehen zur Zeit des 2. Maximums. Zeitweilig sind in geringer emAbstande nach Rot noch zwei oder drei Linien zu erkennen.

4. Während der Übergang vom 1. Maximum zum 2. Minimum ganz allmählich vor sich geht, ändert sich das Aussehen der Doppellinie $H\zeta$ vom 2. Maximum zum Hauptminimum sehr plötzlich, und zwar kurz vor Eintritt des Hauptminimums. Es scheint nach einigen Platten die Verschiebung der dunklen Linie innerhalb der hellen zwischen dem 2. Maximum und dem Hauptminimum sogar zuerst noch weiter fortzuschreiten, so dass der nach der brechbareren Seite des Spektrums gelegene Teil der hellen Linie vor Eintritt des Hauptminimums auffällig breiter ist als der nach Rot gelegene.

B. Das eben beschriebene Aussehen der Linien, welches die meisten Aufnahmen zeigen, ändert sich zu Zeiten sehr wesentlich. Beim Hauptminimum und 1. Maximum liegt die helle Linie nicht einseitig an der Absorptionslinie, sondern sie umschliesst die Absorptionslinie ähnlich wie es soeben beim 2. Minimum (A, 2) geschildert wurde, doch so, dass die nach Rot gelegene Komponente der hellen Linie erheblich breiter ist. Zur Zeit des 2. Minimums und des darauf folgenden Maximums ist die nach der Seite der kleineren Wellenlängen gelegene Komponente der hellen Linie beträchtlich breiter als die nach Rot gelegene, und es ist auf der Aufnahme vom 13. Oktober 1893 (zwischen 2. Minimum und 2. Maximum) nur einseitig an der Absorptionslinie die helle Linie zu sehen, und zwar nach der Seite der kleineren Wellenlängen verschoben, also gerade ent-

gegengesetzt, wie sich sonst (unter A, 1) die Linien zur Zeit des Hauptminimums verhalten.

Übrigens treten die oben erwähnten Veränderungen nicht nur bei der Linie Hζ auf, sondern auch bei den anderen Linien. So haben auf den Platten vom 13. Oktober mehrere der Absorptionslinien helle Linien nach der Seite der kleineren Wellenlängen neben sich. Es macht also den Eindruck, als wäre durchweg eine Verschiebung der hellen Linien gegen die dunklen eingetreten.

Die Beobachtungen zu den Zeiten des eben beschriebenen Zustandes der Doppellinien im Spektrum von β Lyrae sind aber noch lückenhaft, doch unterliegt es wohl keinem Zweifel, dass es uns gelingen wird, durch weitere Beobachtungen der Ursache dieser anderweit noch nicht bemerkten oder erkannten Veränderungen auf den Grund zu kommen, die eine grössere Zeitabschnitte, vielleicht mehrere Monate umfassende Periode vermuten lassen.

C. Nicht nur die helle Linie Hζ, sondern auch die anderen stärkeren hellen Linien sind in bezug auf Intensität und Breite einem Wechsel unterworfen, der wohl als reell angesehen werden muss, da er kaum allein auf den Luftzustand oder auf die Expositionsdauer zurückgeführt werden kann. Ob der Wechsel periodisch, oder ob er ganz unregelmässig ist, hat noch nicht festgestellt werden können; jedenfalls steht er, wie schon oben bemerkt, in keinem direkten Zusammenhange mit der Lichtphase. Dass auch die dunklen Linien starken Schwankungen in bezug auf Breite und Intensität ausgesetzt sind, ist bereits erwähnt worden; die Breite ist wesentlich davon abhängig, ob die hellen Linien zu beiden Seiten der Absorptionslinien auftreten, oder ob sie nur einseitig liegen; die Expositionsdauer hat hier aber zweifellos einen grossen, schwer zu ermittelnden Einfluss.«

Pater Sidgreaves hat vor kurzem seine Beobachtungen über das Spektrum von β Lyrae veröffentlicht. Die Beobachtungen sind mit einem zusammengesetzten Spektralapparate, jedoch ohne Spalt, in Verbindung mit einem 8-zölligen Refraktor ausgeführt worden; im ganzen wurden 45 Platten, und zwar zehn im Frühjahre 1892, die übrigen im Mai und August 1893 erhalten. Die Expositionszeit wird nicht genauer angegeben, doch geht aus der Beschreibung hervor, dass sie lang gewesen ist, und dass die meisten missglückten Aufnahmen eine Folge von Unterexposition gewesen sind. »Wesentlich neue Gesichtspunkte,« bemerkt Prof. Vogel, »werden durch diese Beobachtungen nicht eröffnet; sie erstrecken sich hauptsächlich auf Veränderungen der Linie Hγ und der Linien λ 439 $\mu\mu$ und 447 $\mu\mu$, da andere Teile des Spektrums wohl zu unscharf oder zu schwach gewesen sind, um feineres Detail erkennen zu lassen. Das lässt sich daraus entnehmen, dass die auf der beigegebenen Tafel, auf welcher die Veränderungen der Spektrallinien innerhalb der Lichtperiode von Tag zu Tag dargestellt sind, die an der einen Grenze gelegene Linie Hβ nur hell, die an der anderen Grenze liegende Linie Hδ nur dunkel angegeben ist.«

Es ist von besonderem Interesse, die Grösse der relativen Verschiebung der Linien zu bestimmen, da dieselben wohl kaum anders als eine Folge von Bewegungen verschiedener Körper mit ungleichen Spektren, die wegen des geringen Abstandes der Körper superponiert sind, angesehen werden kann. Leider ist es bisher nicht möglich gewesen, auch absolute Bestimmnngen der Lage der Linien mit hinreichender Genauigkeit auszuführen; doch hofft Prof. Vogel, dass es gelingen wird, bei weiteren Beobachtungen auch nach dieser Richtung hin eine Vervollständigung zu erhalten.

Aus der von ihm gegebenen Zusammenstellung geht hervor, dass der Abstand der Mitten von den zusammengehörigen hellen und dunklen Linien zur Zeit der grössten Ausweichung im Durchschnitte der sehr beträchtlichen Bewegung von etwa 40 geogr. Meilen in der Sekunde entsprechen würde.

Eingehendere Betrachtungen und Vergleichungen der verschiedenen Linien unter einander haben jedoch gezeigt, dass eine Geschwindigkeitsbestimmung durch einfache Messung des Abstandes der Mitten der hellen und dunklen Linien nicht zulässig ist, indem zweifellos eine teilweise Überdeckung der dunklen Linien durch die hellen auch zur Zeit der grössten Ausweichung stattfindet.

»Es ist zuweilen beobachtet worden, dass die breite Absorptionslinie $H\gamma$ die helle Linie einschliesst, so dass zu beiden Seiten der hellen Linie die Absorptionslinie in sehr ungleicher Breite hervortritt, während die helle Linie $H\zeta$ neben der dunklen erscheint. Zu Zeiten des 2 Minimums oder 2. Maximums kommt es vor, dass die Absorptionslinie $H\gamma$ so vollständig von der hellen Linie gedeckt ist, dass sie sich kaum vom kontinuierlichen Spektrum abhebt. Ist die helle Linie aber zu dieser Zeit breiter als die Absorptionslinie, so entstehen schmale, helle Linien am Rande der gedeckten Absorptionslinie, ähnlich wie bei $H\zeta$. Die Spektrogramme erfordern, wie hieraus ersichtlich ist, ein sehr genaues und eingehendes Studium, wenn eine Irreleitung durch die scheinbar verschiedenen Erscheinungen der Linienpaare, die sich im Grunde sehr einfach erklären und auf einen Fall zurückführen lassen, umgangen werden soll.«

Der ersterwähnte Fall, wo zur Zeit der grössten Verschiebung der Linien gegen einander die helle Linie innerhalb der Absorptionslinie liegt, und der einige Male bei $H\gamma$ und der Linie von der Wellenlänge $447\mu\mu$ [1]) beobachtet wurde, gewährt nun die Möglichkeit einer einigermassen sicheren Abschätzung der Grösse der Verschiebung der Linien und der eventuellen Bewegungen, und Prof. Vogel führt einige Messungen an, die er an zwei Platten vom 22. Dezember 1893 ausgeführt hat. Dieselben ergeben im Durchschnitte für $H\gamma$ eine Verschiebung, welche der Geschwindigkeit von 20.1 geogr. Meilen entspricht, für die Linie λ 447 $\mu\mu$ eine solche von 18.9 geogr. Meilen. Prof. Vogel geht zum Schlusse auf die Beobachtungen des Spektrums von β Lyrae durch Pickering [2]) ein. Die 25 Aufnahmen desselben im Laufe von mehr als vier Jahren stimmen mit den Potsdamer Aufnahmen überein. Unter der Annahme, dass das Objekt ein enger Doppelstern sei, dessen Komponenten verschiedene Spektra besitzen, mit der Umlaufszeit gleich der Lichtperiode 12.9^d leitet Pickering aus den beobachteten Verschiebungen die Geschwindigkeit von 65 geogr. Meilen ab und berechnet den Radius der als kreisförmig angenommenen Bahn zu 11 Millionen geogr. Meilen.

»Die Geschwindigkeitsbestimmung,« bemerkt Prof. Vogel, »ist ohne Zweifel aus der Messung der scheinbar neben einander liegenden hellen und dunklen Linien zur Zeit des Hauptminimums oder 1. Maximums gemacht worden. Infolge der Anwendung eines Objektivprismas und der damit verbundenen etwas geringeren Schärfe der Spektra gegenüber den Aufnahmen mit Spaltspektroskop ist der Abstand beträchtlich grösser gefunden als hier. Führt man die Rechnung weiter, so ergiebt sich eine ganz enorme Masse (130 Sonnenmassen) für das System. Auch wenn man die wahrscheinlichere Annahme macht, dass der Schwerpunkt des Systems nicht mit dem Mittelpunkte des einen Sternes zusammenfällt, sondern in der Mitte zwischen beiden Sternen gelegen ist, resultiert die wegen ihrer Grösse noch immer sehr unwahrscheinliche Masse des Systems = 16 Sonnenmassen. Wie ich aber nachgewiesen habe, dürfte es nicht ohne weiteres zulässig sein, den Abstand der Mitten von hellen und dunklen Linien als

---

[1]) Es ist im Originale bei der Abbildung der Linie λ 447 $\mu\mu$ das dicht daran stossende Linienpaar λ 448 (dunkel und hell), welches nicht auf allen Platten deutlich zu erkennen ist, fortgelassen worden, um die Erscheinung der Linie λ 447 $\mu\mu$ klar zur Anschauung zu bringen.

[2]) Astron. Nachr. Nr. 3051.

Grösse der Verschiebung anzusehen, auch verträgt es sich nicht mit den beobachteten Erscheinungen, eine Kreisbahn anzunehmen.«

Vom Lick-Observatorium liegen Beobachtungen Keeler's aus dem Jahre 1889 über β Lyrae vor, doch sind dieselben nicht ausreichend, um eine befriedigende Erklärung der beobachteten Erscheinungen geben zu können. Die eingehendsten sonstigen Beobachtungen über β Lyrae rühren von Belopolsky her. »Sie sind von besonderer Bedeutung, da sie mit dem 30-zölligen Pulkowaer Refraktor angestellt worden sind. Vom 24. August bis zum 26. November 1892 sind 25 Spektrogramme erhalten worden. Es kamen orthochromatische Platten von Edwards in Anwendung, wegen der Achromatisierung des Refraktorobjektivs für optische Strahlen; die Photogramme stellen das Stück des Spektrums von D bis $H\gamma$ dar. Belopolsky hat ein spezielles Studium über die Linie F ($H\beta$), die Linie D_3 und die Liniengruppe λ 447 $\mu\mu$ und 448 $\mu\mu$ angestellt, ausserdem eine Zusammenstellung der sämtlichen in dem Stücke des Spektrums zwischen D und $H\gamma$ zu erkennenden Linienenge geben. Der Abhandlung sind noch sieben Abbildungen des Spektrums zu verschiedenen Zeiten der Lichtphase des Sternes beigegeben, die von Interesse sind, besonders in bezug auf die Veränderungen der hellen und dunklen Linie F, die in vollkommener Übereinstimmung mit den hier an der weit im Violett gelegenen Linie $H\zeta$ beobachteten stehen. Auch die Beschreibung von der Veränderung der Linie F, die Belopolsky giebt, stimmt sehr gut mit den Potsdamer Beobachtungen zu gewissen Zeiten überein.«

Belopolsky glaubt, eine Erklärung der Erscheinungen in der Annahme zu finden, dass ein Körper, dessen Spektrum die hellen Linien giebt, bei dem Vorübergange vor einem anderen zur Zeit des Minimums eine partielle Verfinsterung hervorrufe. Für diese Annahme sei eine Stütze dadurch gegeben, dass das kontinuierliche Spektrum zur Zeit des Hauptminimums schwach werde, während die helle F-Linie keine entsprechende Intensitätsabnahme zeige. Er berechnet aus der für die Bewegung der hellen Linie gefundenen Maximalgeschwindigkeit von 21 geogr. Meilen und der Periode 12.9 Tag den Halbmesser der als kreisförmig angenommenen Bahn zu rund 2 Millionen Meilen; die Masse des Systems ist dann gleich der Sonnenmasse.

»Ich halte,« sagt schliesslich Prof. Vogel, »den Zeitpunkt, eine einigermassen erschöpfende Erklärung der sehr komplizierten Erscheinung zu geben, noch nicht für gekommen, da ich auch selbst das hier gewonnene grosse Beobachtungsmaterial für hierzu nicht ausreichend erachte, zweifle jedoch nicht, dass die Veränderungen der Linien im wesentlichen auf Bewegungen nahestehender Himmelskörper werden zurückgeführt werden können. Ob die Annahme zweier Körper ausreichen wird zur Erklärung des Lichtwechsels und der Veränderungen im Spektrum, soweit sie sich auf die Linien beziehen, kann erst durch weitere Beobachtungen entschieden werden. Nachdem durch die spektroskopischen Beobachtungsmethoden die Existenz sehr enger Doppelsterne unbestreitbar nachgewiesen ist, lässt sich der eigentümliche Lichtwechsel von β Lyrae durch einen nahen Vorübergang zweier Himmelskörper, von denen der eine weniger leuchtet als der andere, unter der Annahme einer nahezu kreisförmigen oder einer elliptischen Bahn, deren grosse Axe nahe mit dem Visionsradius zusammenfällt, und bei welcher das Periastrium nach der Sonne gerichtet ist, erklären. Tritt der weniger leuchtende Körper vor den helleren und bedeckt ihn teilweise, so tritt das Hauptminimum ein; die beiden gleich grossen Maxima finden statt, wenn die Verbindungslinie der Körper rechtwinklig zum Visionsradius steht. Das 2. Minimum erfolgt, wenn der helle Körper den weniger leuchtenden teilweise verdeckt. Anderseits lassen sich die relativen Verschiebungen der Linien für sich deuten durch den Umlauf zweier Körper, von denen der eine ein

Spektrum mit hellen Linien, der andere ein Absorptionsspektrum besitzt, wenn die Bahn stark von der Kreisbahn abweicht, und die grosse Axe derselben einen beträchtlichen Winkel mit dem Visionsradius bildet. Beide Erscheinungen unter einer Voraussetzung zusammenzufassen, gelingt jedoch nicht.«

Das Spektrum von β Orionis. J. E. Keeler hat folgende Wellenlängen von Linien im Rigelspektrum bestimmt, dessen blauer und violetter Teil von Prof. J. Scheiner untersucht worden ist:

595.0	vermutet	471.4	stark
592.5	schwach	458.3	schwach
590.2	»	454.8	»
589.6	D_1 } vermutet	450.9	sehr schwach
589.0	D_2 } vermutet	448.1	Mg. } sehr stark
587.6	D_3 sehr stark	447.1	Nb. } sehr stark
545.4	schwach	448.8	schwach
531.6	»	443.9	»
516.8	mittelstark	442.5	»
505.6	schwach	441.8	»
503 3	sehr schwach	438.9	mittelstark
501.6	stark	435.2	sehr schwach
492.4	»	434.1	Hγ, sehr stark
486.1	Hβ, sehr stark.		

Die Linie 448.1 ist von Prof. Scheiner als Magnesiumlinie identifiziert worden, wogegen Keeler bemerkt, dass die auffällige b-Gruppe des Magnesiums fehlt. Indessen haben wir es in diesem Falle doch wohl mit einer richtigen Koincidenz zu thun, da durch Prof. Scheiner's Untersuchungen das ungleiche Verhalten verschiedener Magnesiumlinien in Sternen von verschiedenen Entwickelungsstadien (und Temperaturen) bekannt geworden ist. Die Linie 435.2 $\mu\mu$ entspricht nahe einer Mg-Linie, die im I Spektraltypus schwach ist; der b-Gruppe gehört vielleicht die Linie 516.8 $\mu\mu$ an, so dass die Linie 448.1 doch nicht ganz vereinzelt dastehen würde.

Die sogenannten Wolf-Rayet'schen Sterne sind Gegenstand einer eingehenden Studie von W. W. Campbell gewesen [1]). Die Sterne dieses Typus (der nach den Entdeckern der drei ersten Sterne dieser Klasse, den Astronomen Wolf und Rayet 1867 auf der Pariser Sternwarte benannt ist) sind charakterisiert durch helle Banden und in einigen Fällen durch helle Linien und Banden, welche einem kontinuierlichen Spektrum aufgelagert sind. In einigen Fällen zeigen diese Spektra auch dunkle Linien. Folgendes ist eine von Campbell zusammengestellte Tabelle aller bis jetzt bekannten Sterne dieses Typus. Die Entdecker sind durch Buchstaben bezeichnet, und zwar H. C. O. = Sternwarte des Harvard College, P. = Prof. E. C. Pickering, R. = Prof Respighi, C. = Copeland, W.-R. = Wolf-Rayet.

---

[1]) Astronomy and Astrophysics 1894. Nr. 126. p. 448.

Nr.	Stern	Grsse.	Rektass. (1900)	Dekl. (1900)	Gal. Länge	Gal. Breite	Entdeckt von
			h m	°	° '	° '	
1	DM. + 63° 83	9.5	0 37.5	+64 14	89 53	+ 2 14	H. C. O.
2	DM. + 56° 686	9.1	2 33.9	+56 18	105 21	— 2 18	»
3	DM. + 56° 731	9.5	2 44.8	+56 31	106 37	— 1 26	»
4	Cord. G. C. 8631	7.2	6 50 0	—23 48	202 19	— 8 52	P.
5	γ Argus	3	8 6.5	—47 2	230 20	— 6 59	R.
6	Cord. Z. C. 8h4141	9	8 51.6	—47 12	235 13	— 1 4	C.
7	» G. C. 13554	8½	9 51.6	—57 15	248 43	— 2 19	H. C. O.
8	———	—	10 6.1	—62 5	253 0	— 5 14	»
9	———	—	10 7.6	—60 8	252 4	— 3 30	»
10	———	—	10 13.3	—57 24	251 14	— 0 48	»
11	———	—	10 14.4	—62 9	253 51	— 4 46	»
12	———	—	10 22.9	—58 8	252 42	— 0 46	»
13	Cord. G. C. 14626	7.2	10 37.4	—59 9	254 51	— 0 46	»
14	» Z. C. 10h2684	9	10 37.8	—58 15	254 29	+ 0 4	C.
15	» G. C. 14684	6.9	10 40.1	—59 36	255 21	— 1 1	H. C. O.
16	» » » 14691	8½	10 40.3	—59 12	255 48	— 0 40	»
17	———	—	10 43.4	—58 41	255 20	- 0 1	»
18	———	—	10 47.9	—61 46	257 5	— 2 36	»
19	Cord. G. C. 14965	8½	10 52.0	—59 51	256 49	— 0 38	»
20	———	—	10 55.8	—57 17	256 16	+ 1 56	»
21	Cord. G. C. 15220	8.2	11 2.3	—64 58	259 53	— 4 53	»
22	» » » 15305	8	11 5.8	—60 26	258 38	— 0 31	C.
23	———	—	11 55.2	—54 33	263 29	+ 6 53	H. C. O.
24	Cord. G. C. 17840	6	13 1.7	—64 46	272 19	— 2 51	»
25	———	—	13 11.5	—57 36	274 13	+ 4 8	C.
26	———	—	13 24.3	—61 34	275 15	— 0 1	H. C O.
27	———	—	13 36.3	—66 55	275 30	— 5 31	»
28	Cord. Z. C. 15h 934	9	15 15.9	—62 20	287 4	— 5 34	»
29	———	—	15 55.0	—62 28	290 34	— 8 28	»
30	Cord. Z. C. 15h4129	8½	16 0.6	—25 57	290 39	+17 39	»
31	» G. C. 22748	5 9	16 44.5	—41 4	311 20	+ 0 44	»
32	» » 22763	7.5	16 45.3	—41 41	310 56	+ 0 14	»
33	» » 22827	7	16 47.3	—41 40	311 11	— 0 3	C.
34	» » 22838	8.2	16 47.9	—44 50	308 47	— 2 7	H. C. O.
35	» » 22843	6.4	16 48.0	—41 0	311 47	+ 0 17	»
36	» » 23072	6 5	16 57.0	—38 0	315 13	+ 0 45	»
37	» » 23073	7.1	16 57.2	—37 42	315 29	+ 0 55	»
38	» » 23416	7.2	17 12.1	—45 32	310 47	— 5 57	»
39	» Z. C. 17h3612	9	17 55.1	— 32 42	326 8	— 6 15	»
40	SDM. — 19° 4854	9.6	18 2.1	—19 25	338 33	— 1 54	»
41	» — 21° 4864	7.8	18 2.5	—21 16	336 56	— 2 5	P.
42	» — 11° 4593	8.7	18 13.5	—11 40	347 36	+ 0 35	H. C. O.
43	DM. + 30° 3639	9.3	19 30 9	+30 19	32 26	+ 3 57	»
44	» + 35° 3953	7.0	20 2.2	+35 31	40 20	+ 1 10	»
45	» + 35° 4001	8 5	20 6.5	+35 53	41 8	+ 0 39	W.-R. 1
46	» + 35° 4013	8.0	20 8.2	+35 54	41 20	+ 0 24	» 2
47	» + 37° 3821	7.1	20 8.4	+38 3	43 7	+ 1 35	C.
48	» + 36° 3956	8.0	20 10.8	+36 21	42 1	+ 0 13	W.-R. 3
49	» + 36° 3987	8.1	20 13.3	+37 7	42 56	+ 0 15	P.
50	» + 38° 4010	8.7	20 15.8	+38 25	44 16	+ 0 37	H. C. O.
51	» + 43° 3571	7.5	20 17.1	+43 32	48 32	+ 3 27	»
52	» + 36° 4028	9.5	20 17.8	+36 36	43 2	— 0 46	»
53	» + 55° 2721	8.9	22 15.0	+55 37	70 29	— 0 50	»
54	———	10	22 23.7	+55 46	71 38	— 1 20	»
55	DM. + 56° 2818	8.9	22 32.9	+56 23	73 3	— 1 25	»

Prof. Pickering hat bemerkt, dass diese Sterne sämtlich nahe der Mittellinie der Milchstrasse stehen und eine Tendenz zeigen, in Gruppen aufzutreten. Nimmt man an, dass der Nordpol der Milchstrasse (für 1900) in $12^h\ 40^m$ Rektaszension und 28^0 nördl. Deklination liegt, und zählt man die Längen nordwärts vom aufsteigenden Knoten (in $18^h\ 40^m$ Rektaszension und 0^0 Deklination), so ergeben sich für die galaktische Länge und Breite der Sterne die in der 6. und 7. Kolumne der Tabelle angegebenen Werte. Campbell hat die meisten dieser Sterne spektroskopisch auf der Lick-Sternwarte untersucht und die Lage der Linien mit denjenigen in der Sonnenchromosphäre, dem Neuen Sterne im Fuhrmanne, den Gasnebeln u. s. w. verglichen. Es zeigen sich dabei Ähnlichkeiten, aber keine hinreichende Übereinstimmung, so dass für gegenwärtig dieser Sterntypus als völlig verschieden von den übrigen bekannten Typen betrachtet werden muss.

Der Temperatur an der Oberfläche der Fixsterne und der Sonne ist innerhalb gewisser Grenzen von Prof. J. Scheiner bestimmt worden[1]). Bei seinen Untersuchungen über die Spektra der hellen Sterne auf dem Potsdamer Observatorium fiel ihm das eigentümliche Verhalten einer Linie, welche dem Magnesiumspektrum angehört, und deren Wellenlänge $\lambda = 448.2\ \mu\mu$ ist, auf. In fast allen Spektren der 1. Klasse tritt diese Linie durch ihre Breite oder ihre Intensität stark hervor; sie erreicht in den linienärmeren Spektren dieser Klasse sogar die Breite der Wasserstofflinien. Auch in den linienreicheren Spektren von Sirius, Wega, Procyon u. a. ist sie stets sehr hervorragend, wenn auch nicht in dem Masse, wie in den obengenannten; dagegen ist sie im Sonnenspektrum und in den anderen Spektren der Klasse 2a schwach, so dass Verf. sie bei manchen Vertretern dieser Klasse nicht mehr auffinden konnte, und es scheint, dass sie um so schwächer wird, je mehr sich das Sternspektrum der 3. Klasse nähert.

Auch im künstlich erzeugten Spektrum des Magnesiums ist diese Linie grossen Schwankungen in bezug auf Intensität und Breite unterworfen. Im Spektrum des frei brennenden Magnesiums und demjenigen des Magnesiumdampfes im elektrischen Bogenlichte ist sie nicht zu erkennen, erreicht dagegen sehr grosse Intensität und Breite im Funkenspektrum. Auf dieses Verhalten der Linie haben schon Liveing und Dewar[2]) aufmerksam gemacht, und die Untersuchungen von Kayser und Runge, sowie Prof. Scheiner's eigene Beobachtungen haben eine Bestätigung ihrer Wahrnehmungen geliefert.

»Es liegt zwar nahe,« bemerkt letzterer, »die Eigentümlichkeiten der Linie auf die Verschiedenheit der Temperatur des Magnesiumdampfes im elektrischen Bogen und im Funken zurückzuführen und

[1]) Sitzungsberichte der Preuss. Akad. der Wissensch. 1894. p. 257. u. ff.
[2]) Proceed. of the Roy. Astron. Soc. **30.**

weitere Schlüsse auf die Temperaturen auf den Fixsternen zu ziehen; indessen ist es nicht möglich, die Einflüsse von Temperatur und von Druck scharf zu trennen, und es ist in bezug auf die Sterne nur der Schluss erlaubt, dass sich der Magnesiumdampf auf den Sternen der 1. Spektralklasse in ähnlichem Zustande befindet, wie im elektrischen Funken von starker Spannung, auf den Sternen, deren Spektrum der 2. Klasse angehört, dagegen wie im elektrischen Bogen.«

Eine andere Linie des Magnesiumspektrums (435.2 $\mu\mu$) zeigt nun nach Scheiner's Beobachtungen merkwürdigerweise ein ganz entgegengesetztes Verhalten wie die besprochene. »Sie tritt in keinem der linienarmen Spektra der Klasse 1a auf, beginnt aber sichtbar zu werden in den linienreicheren Spektren dieser Klasse, ist in der Sonne und in den Sternen der Klasse 2a sehr hervorragend und erscheint in dem Spektrum von α Orionis (Klasse 3a) als eine der stärksten Linien. Bei Versuchen im Laboratorium zeigte diese Linie ebenfalls die umgekehrten Erscheinungen wie diejenigen bei 448.2 $\mu\mu$. Im Funkenspektrum ist sie kaum oder gar nicht zu erkennen, dagegen im Spektrum des elektrischen Bogens sehr kräftig und breit. Auch Liveing und Dewar haben bereits dieses eigentümliche Verhalten der Linie erkannt.«

»Der günstige Umstand,« fährt Prof. Scheiner fort, »dass zwei demselben Stoffe angehörige Linien ein entgegengesetztes Verhalten zeigen, beweist nun sofort, dass die Erscheinungen, welche diese Linien auf den Sternen bieten, von der Temperatur allein abhängen und nicht vom Drucke. Bei vermehrtem Drucke werden alle Linien eines Gases breiter und treten mehr hervor, es kann nach den Folgerungen aus dem Kirchhoff'schen Satze nicht vorkommen, dass eine Linie bei vermehrtem Drucke schmaler wird; dagegen ist es eine bekannte Thatsache, dass einzelne Linien bei höherer Temperatur schwächer und schmaler werden können, während im allgemeinen die Linien unter diesen Bedingungen kräftiger und breiter werden. Ich glaube daher, folgenden Satz aufstellen zu können:

Die Temperatur der sogenannten absorbierenden Schicht — der obersten Schicht der Photosphäre — auf den Sternen der Spektralklasse 3a ist annähernd gleich derjenigen des elektrischen Bogens etwa (3000° bis 4000°); auf der Sonne und auf den Sternen der Klasse 2a ist sie höher, erreicht aber nicht diejenige des Funkens der Leydener Flasche; auf den Sternen der Klasse 1a ist sie annähernd gleich der Temperatur dieses Funkens (obere Grenze circa 15000°).

Mit diesem Resultate ist gleichzeitig zum ersten Male ein direkter Beweis für die Richtigkeit der physikalischen Deutung der Vogel'schen Spektralklassen gegeben, nach welcher sich die Klasse 2 durch Abkühlung aus 1, und 3 durch noch weitere Abkühlung aus 2 entwickelt.«

Eine grosse Wasserstoffatmosphäre um einen Stern 9.3 Grösse ist auf der Lick-Sternwarte von W. W. Campbell bei dem Sterne der Bonner Durchmusterung $+30^{0}$ 3639 entdeckt worden. Dieser Stern gehört zum Typus der Wolf-Rayet'schen Sterne, und sein Spektrum ist reich an hellen Linien, von denen etwa dreissig zwischen den Wellenlängen 656 und 426 gemessen wurden. Das Merkwürdigste aber ist das kontinuierliche Spektrum, die helle Linie bei $\lambda = 5694$, das helle blaue Band bei $\lambda = 4652$ und die sehr helle Wasserstofflinie $H\beta$. Ist der Apparat im Fokus für die erwähnten Teile des Spektrums, so giebt die Linie bei $\lambda = 5694$ ein sehr schmales rundes Bild des Sternes, die Bande bei $\lambda = 4652$ ist breit und liegt völlig auf dem schmalen kontinuierlichen Spektrum; die $H\beta$-Linie hingegen zeigt sich bei engerem Spalte als eine lange Linie, die sich an jeder Seite merklich über das kontinuierliche Spektrum hin ausdehnt, bei breitem Spalte dagegen als grosse Scheibe von 6″ Durchmesser erscheint. Einen ähnlichen Anblick gewähren die schwachen Linien $H\gamma$ und $H\alpha$. Dagegen sieht man nichts ähnliches bei den anderen Linien des Spektrums, noch auch bei irgend einem anderen Sterne dieses Typus. Die Ursache der Erscheinung ist zweifellos einer Umhüllung von glühendem Wasserstoffe zuzuschreiben, doch bleibt durch weitere Untersuchungen noch festzustellen, ob diese Umhüllung ungewöhnlich gross ist, oder ob der Stern sich ungewöhnlich nahe bei unserem Sonnensysteme befindet.

Der Veränderliche T Andromedae (Rektasz. $0^{h}\ 14^{m}\ 48.3^{s}$ Dekl. $+26^{0}\ 10.3'$ 1855.0), welchen Thomas D. Anderson entdeckte, scheint nach den Mitteilungen von Prof. Edward C. Pickering[1]) eine Periode von etwa 281 Tagen zu haben. Er ist auf der Harvard-Sternwarte früher wiederholt photographisch aufgenommen worden. Der Versuch, die Form der Lichtkurve zu bestimmen, ergab, dass er in den drei Monaten, welche auf sein Maximum folgen, sehr gleichmässig an Licht abnimmt, und zwar in je 25 Tagen um eine Grössenklasse, in den drei Monaten vor dem Maximum war die Lichtzunahme ebenfalls sehr regelmässig, und zwar in je 26 Tagen eine Grössenklasse. Während der dazwischen liegenden drei Monate war der Stern zu lichtschwach, um photographiert zu werden. Im Maximum erreicht er die photographische Grösse 9.0, wenn der Lichtwechsel in dem unsichtbaren Teile der Periode ebenso regelmässig ist, wie in dem sichtbaren, so würde 138 Tage nach dem Maximum die klarste Helligkeit 14.5 Grösse sein.

Z Herculis, ein neuer Veränderlicher vom Algoltypus. Dr. Hartwig, Direktor der Sternwarte in Bamberg, hat den in der Potsdamer photometrischen Durchmusterung als der Veränderlichkeit verdächtigen Stern Nr. 2405 an den beiden Abenden des 10. und

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3213.

11. September 1894 genauer beobachtet und als Veränderlichen vom Algoltypus erkannt[1]. Am 14. September gelang die Beobachtung eines Minimums im abnehmenden und zunehmenden Lichte, mit dem Ergebnisse des Zeitpunktes 9^h 39^m mittlerer Zeit von Bamberg für dessen Mitte bei einem Verweilen in demselben von 50 Minuten und einer Periodendauer von nahe zwei Tagen. Weitere Beobachtungen zeigten, dass zwischen zwei, nahe vier Tage auseinander liegenden Hauptminimis ein Minimum liegt, welches ähnlich wie bei Y Cygni etwa vier Stunden früher eintritt, als eine gleichmässige Periode zwischen aufeinander folgenden Minimis verlangt. Der Lichtwechsel beträgt mehr als eine Grössenklasse. Das Spektrum gehört dem Typus I. an. Der Ort des Sternes ist (für 1900.0): Rektasz. 17^h 54^m 30.3^s, Dekl. + 15° 8′ 47.2″. Die Dauer der Periode ist sehr nahe 3^d 23^h 49^m 32.7^s.

Veränderliche Sterne, die bisweilen das Aussehen planetarischer Nebel annehmen, werden von C. E. Peek auf Grund siebenjähriger Beobachtungen erwähnt. Darunter befindet sich R Cassiopejae, der am 17. September 1886 8.7^h als dunkelrot, gross und schlecht begrenzt bezeichnet wird. Am 11. März 1889 9^h erschien derselbe Stern schlecht begrenzt, als wenn er durch Nebel gesehen würde, während die übrigen Sterne scharf erschienen[2].

Nova Aurigae. W. W. Campbell giebt folgende Zusammenstellung der Wellenlängen der Hauptlinien im Spektrum dieses Sternes und der entsprechenden Geschwindigkeit (G) (Annäherung gegen die Sonne hin) in englischen Meilen per Sekunde:

1892. 20. August: Wellenlänge 5003.6 (G = 128), 21. August: W.-L. 5003.7 (G = 125), 23. August: W.-L. 5003.1 (G = 147), 30. August: W.-L. 5002.4 (G = 173), 4. September: W.-L. 5001.9 (G = 192), 6. September: W.-L 5002.1 (G = 184), 7. September: W.-L. 5001.9 (G = 192), 15. September: W.-L. 5002.2, (G = 180), 22. September: W.-L. 5002.5 (G = 169), 12. Oktober: W.-L. 5003.6 (G = 128), 19. Oktober: W.-L. 5003.8 (G = 121), 2. November: 5004.4 (G = 99), 3. November: W.-L. 5004.7 (G = 87), 9. November: W.-L. 5004.4 (G = 99), 16. November: W.-L. 5004.9 (G = 80), 17. November: W.-L. 5004.9 (G = 80), 24. November: W.-L. 5004.5 (G = 95).

1893. 10. Februar: W.-L 5006 (G = 30), 14. Februar: W.-L. 5006.1 (G = 33), 27. Februar: W.-L. 5005.7 (G = 51), 26. März: W.-L. 5005.2 (G = 69), 9. Mai: W.-L. 5005.3 (G = 65), 6. August: W.-L. 5006.0 (G = 41), 1. September: W.-L. 5005.6 (G 55), 10. Oktober: W.-L. 5006.1 (G = 36).

---

[1] Astron. Nachr. Nr. 3253.
[2] Monthly Notices of the Roy. Astron. Soc. **52.**

Ein neuer Stern in der Konstellation Norma wurde von Mrs. M. Fleming am 26. Oktober 1893 entdeckt, als dieselbe eine photographische Aufnahme der Sterne jenes Sternbildes untersuchte[1]). Die Photographie war am 10. Juli 1893 auf der Arequipa-Station von Professor Solon J. Bailey aufgenommen worden. Das Spektrum scheint identisch mit jenem des neuen Sternes im Fuhrmann. Eine photographische Aufnahme vom 21. Juni zeigt Spektra von Sternen 10. Grösse, aber keine Spur von jenem der Nova, ebensowenig zeigen die in den Jahren 1889, 1890 und 1891 aufgenommenen photographischen Karten den Stern, obgleich sie bis zu Sternen 14. Grösse reichen. Der Ort des neuen Sternes ist für 1900 Rektasz. 15 22^{m} 12^{s}, Dekl. — 50^{0} 13.8′.

Am 28. Februar 1894 wurde eine neue photographische Aufnahme des Spektrums der Nova erhalten[2]). Die Helligkeit hatte sich seit Ende Oktober um etwa $^{1}/_{2}$ Grössenklasse vermindert, fast das ganze Licht der Nova war in der hellen Linie Hγ konzentriert.

Die Einteilung der Nebelflecke in verschiedene Klassen je nach ihrer Helligkeit, Grösse und beiläufigen Gestalt, wie dieselbe in den gegenwärtigen Katalogen beibehalten wird, stammt bekanntlich von W. Herschel. Indessen gewähren die Abbildungen, welche die beiden Herschel und selbst Lassell und Lord Rosse von vielen Nebelflecken gegeben haben, nur ganz beiläufige und ungenaue Vorstellungen von dem wirklichen Aussehen dieser Gebilde. Erst die Photographie hat ein Mittel geboten, sowohl die Nebelflecke als auch die Sternhaufen des Himmels getreu wiederzugeben. I. Roberts, welcher selbst viele ausgezeichnete Bilder von Nebelflecken erhalten hat, macht darauf aufmerksam[3]), dass die Zeit gekommen ist, in der eine Diskussion über die Entwickelungen dieser riesigen Himmelskörper mit Vorteil in Angriff genommen werden kann; denn verwertbare Thatsachen, welche ihre Formen und Strukturen zeigen, häufen sich schnell an. Die jetzige Einteilung der Nebel in helle, blasse, sehr blasse, grosse u. s. w. ist eine viel zu unbestimmte Beschreibung der Objekte, die uns jetzt durch die Photographie abgebildet werden. Sie verlangen eine Klassifikation, welche die Haupteigentümlichkeiten ihrer Gestalt, Struktur, Helligkeit und ihrer Spektra bestimmt.

Auch Barnard hat auf der Lick-Sternwarte ausgezeichnete Photographien von Nebelflecken erhalten. Als Probe einer solchen kann seine Darstellung des Swift'schen Nebels im Einhorne dienen, welche auf Tafel II getreu reproduziert ist. Sie stellt das typische Beispiel eines Nebels in Verbindung mit einem Sternhaufen dar und wurde am 11. Januar 1894 mit einer 6-zolligen Willard-Linse bei

---

[1]) Astronomy and Astrophysics 1894. Nr. 121. p. 40.
[2]) a. a. O. Nr. 125. p. 398.
[3]) Monthly Notices of the Roy. Astron. Soc. **52.** p. 506.

einer Expositionsdauer von $3^h 16^m$ erhalten. Der Ort des Nebels am Himmel ist in AR. $6^h 23^m 29^s$ D. $+ 5^0 2.5'$ (für 1860.0), und die Wiedergabe ist in 2.8-facher Vergrösserung des Originalnegatives.

Spiralnebel im Perseus. Isaac Roberts hat den Nebel in Rektaszension $2^h 29^m 58^s$, Deklination $+38^0 31.4'$ (für 1895) photographisch aufgenommen. Dieser Nebel geht dem von Herschel aufgefundenen Nebel I 156 im Perseus $3^m 51^s$ in Rektaszension vorauf und steht 5.4′ südlicher als dieser. Der photographierte Nebel wird nicht im neuen Generalkataloge der Nebelflecken aufgeführt, scheint also bis dahin noch unbekannt geblieben zu sein. Das Interessanteste ist, dass dieser Nebel feine, aber deutliche Spiralwindungen zeigt, innerhalb deren 14 bis 15 Sterne stehen und ausserdem sechs oder sieben sternähnliche Lichtknoten, die schwächer als Sterne 16. Grösse sind. Die Windungen verlaufen symmetrisch und endigen in sehr feinen, einem sternähnlichen Kerne.

Die Nebelflecke Nr. 2903 und 2905 (N. G.-K.) im grossen Löwen sind von Isaac Roberts mit einem 20-zolligen Reflektor photographiert worden [1]). Die Dauer der Exposition (am 4. April 1893) betrug vier Stunden, und die Aufnahmen wurden in dem Masse vergrössert, dass 1 *mm* = 24 Bogensekunden ist. Im alten Generalkataloge haben diese Nebel die Nummern 1861 und 1863. Der Ort des ersten ist: Rektaszension $9^h 25^m 57^s$, Deklination $+21^0 58.4'$ (für 1890), der des zweiten: Rektaszension $9^h 25^m 57^s$, Deklination $+21^0 59.1'$. Diese Objekte erscheinen in guten Ferngläsern als Doppelnebel. Nach Tempel bildet das Ganze einen grossen Spindelnebel von wenigstens 15′ Länge mit drei Nebelknoten, wovon der südliche etwas schwächer ist als der nördliche, und der mittlere sternartig verdichtet, sowie sehr hell erscheint. Die Spindelform hat nach Tempel nördlich keine scharfen Grenzen. Lord Rosse hat in den Jahren 1846 bis 1878 den Nebel Nr. 1861 30-mal beobachtet und 1851 eine Zeichnung davon gegeben, welche sehr gut mit der Roberts'schen Photographie in den Umrissen übereinstimmt, aber in den Details der Helligkeit und Lichtkondensation von dieser abweicht. Die Photographie zeigt den Nebel als symmetrische Spirale mit grosser Ausdehnung einer sehr schwachen Nebeligkeit an der nördlichen und südlichen Seite. Der Kern im Zentrum der spiraligen Windung ist sternartig, die Windungen selbst sind in nebelige, sternähnliche Flecken, mit schwachem Nebel dazwischen, aufgebrochen. Dies bezieht sich auf den Nebel Nr. 1861; der andere hat einen sternartigen Kern, ähnlich zwei schwachen Sternen, umgeben von schwachen Nebelringen.

---

[1]) Monthly Notices of the Roy. Astron. Soc. **8.** p. 36.

Äussere Nebelumhüllung der Plejaden. E. E. Barnard hat nach $10^1/_4$-stündiger Exposition (am 6. und 8. Dezember 1893) eine Photographie der Umgebung der Plejaden erhalten, welche diese Sterngruppe von merkwürdig gekrümmten Nebelmassen umgeben zeigt. Nordwärts der Plejaden von 3^h 20^m bis 4^h in Rektaszension und von $+30^0$ Deklination bis mehrere Grade nordwärts, zeigt sich eine an kleinen Sternen merkwürdig arme Region, die dagegen von grossen Massen eines sehr diffusen Nebels erfüllt ist.[1])

Die Parallaxe des Nebels Nr. 2241 ist von J. Wilsing durch photographische Aufnahmen untersucht worden[2]). Dieselben erstrecken sich über den Zeitraum vom Juni 1892 bis August 1893. Die genaue Diskussion der einzelnen Messungen ergiebt, dass man aus ihnen nur schliessen kann, dass der Betrag der relativen Parallaxe des Nebels 0.1″ bis 0.2″ nicht überschreiten dürfte.

Die optischen Verhältnisse der Milchstrasse. Diese grossartigste und merkwürdigste Erscheinung des Sternhimmels ist selbst in bezug auf ihr Aussehen nur unvollkommen bekannt. In dieser Beziehung herrschen zur Zeit noch die unrichtigsten Vorstellungen. Beobachtungen, welche Referent vor mehr als einem Vierteljahrhunderte angestellt hat[3]), zeigte ihm deutlich, dass alle bisherigen Schilderungen der Milchstrasse, keine einzige damals bekannte ausgenommen, das wahre Aussehen derselben gar nicht trafen. Gemäss diesen sollte die Milchstrasse eine Art von nebeligem Streifen sein, der in verschiedener Breite und teilweise in zwei Armen den Himmel umzieht, dabei an einzelnen Stellen mehr oder weniger hell erscheint als an anderen. Gänzlich übersehen war dabei, dass die Milchstrasse in der Hauptsache aus einer Ansammlung von wolkenförmigen Nebelflecken oder Sternhaufen besteht, dass die geballte Form der Lichtflecke bei weitem vorherrscht, und man in den hellsten Regionen deutlich sehen kann, wie mehrere solcher Flecke von verschiedener Intensität teilweise aufeinander projiziert sind. Keiner derselben hat eine scharfe Grenze, dennoch heben sich viele deutlich von den anderen ab. Wie wenig die Milchstrasse wirklich beobachtet worden war, ergab sich auch daraus, dass sich fand, dass die Behauptung: der Schimmer der Milchstrasse löse sich im Fernrohre in ein Gewimmel unzähliger Sterne auf, völlig aus der Luft gegriffen ist. In populären Schriften liest man, Galilei's Fernrohr habe zuerst die Milchstrasse in Sterne aufgelöst — kein Wort davon ist wahr! Auch ein 4-zolliger und 6-zolliger moderner Refraktor löst die Milchstrasse gar nicht auf, er zeigt in ihr nur mehr Sterne, aber diese sind nicht diejenigen, welche hauptsächlich den Schimmer der Milchstrasse bilden,

---

1) Astron. Nachr. Nr. 3253.
2) Astron. Nachr. Nr. 3261.
3) Heis, Wochenschrift für Astronomie 1867

letztere bleiben weit unter dem Bereiche der optischen Kraft eines mässigen Refraktors, sie gehören zumeist den niedrigsten Grössenklassen an, die wir kennen (14., 15. Grösse und darunter). Deshalb zeigt ein Refraktor, wenn er auf die Milchstrasse gerichtet wird, überhaupt nichts von dieser, weil in dem kleinen Gesichtsfelde des Fernrohres der Kontrast mit dem schwarzen Himmelsgrunde fehlt. Bei solcher Lage der Dinge begreift sich leicht, was ein wirklicher Beobachter der Milchstrasse von den Ausführungen und Phantasien eines Proctor und ähnlicher Schriftsteller halten muss, die niemals die Milchstrasse beobachtet haben, aber desto mehr über sie schreiben.

Eine hochwichtige Arbeit über die Milchstrasse liefert nun C. Easton, der den Zug und das Aussehen der Milchstrasse, lediglich auf eigene genaue Beobachtungen gestützt, schildert und in Karten darstellt[1]).

Er begann seine Versuche, die Milchstrasse durch Zeichnung wiederzugeben, im Jahre 1882, und seine endgültige Darstellung datiert aus dem Jahre 1887. Bei dieser Arbeit hat sich Easton von jeder Kenntnisnahme anderweitiger Versuche entfernt gehalten, und erst im September 1892 verglich er seine Darstellung der Milchstrasse mit denjenigen von Heis und Boeddicker. Seine Zeichnungen blieben übrigens in der Mappe, weil es unmöglich schien, sie genau zu reproduzieren, besonders da auch die photographische Wiedergabe derselben misslang. Erst im September vergangenen Jahres wurde Easton von kompetenter Seite darauf aufmerksam gemacht, dass die lithographische Reproduktion wohl am geeignetsten sei, falls er selbst die Zeichnung mit lithographischem Stifte auf gekörntem Papiere ausführen würde. Dieser Weg erwies sich in der That als gangbar, und so sind denn die in Rede stehenden Karten entstanden. Das Hauptblatt derselben, welche vom Autor selbst noch Stück für Stück nach dem Drucke durchgesehen und erforderlichenfalls leicht retouchiert wurden, ist eine Generalkarte der Milchstrasse, ausser dieser aber sind noch mehrere Spezialkarten beigegeben, auf denen die Details in grösserem Massstabe hervorkommen, während die Generalkarte für die relative Helligkeit der einzelnen Partien der Milchstrasse massgebend bleibt. Eine spezielle Beschreibung des Ganzen und ein Katalog der hellen Flecke und dunklen Stellen in der Milchstrasse sind ausserdem beigegeben.

Es konnte nicht fehlen, dass ein so aufmerksamer und gewissenhafter Beobachter wie Easton zu sehr wichtigen Resultaten über die Art und Weise der Beobachtung und das Aussehen der Milchstrasse gelangte, zu Ergebnissen, die mit den früher vom Ref. erhaltenen in der Hauptsache übereinstimmen. Sehr richtig sagt er z. B.: »Das, was wir Milchstrasse nennen, ist bis zu einem gewissen Grade eine optische Illusion. Die Planeten, Fixsterne u. s. w. ändern zwar ihr Aussehen in gewissem Grade, wenn wir stärkere optische

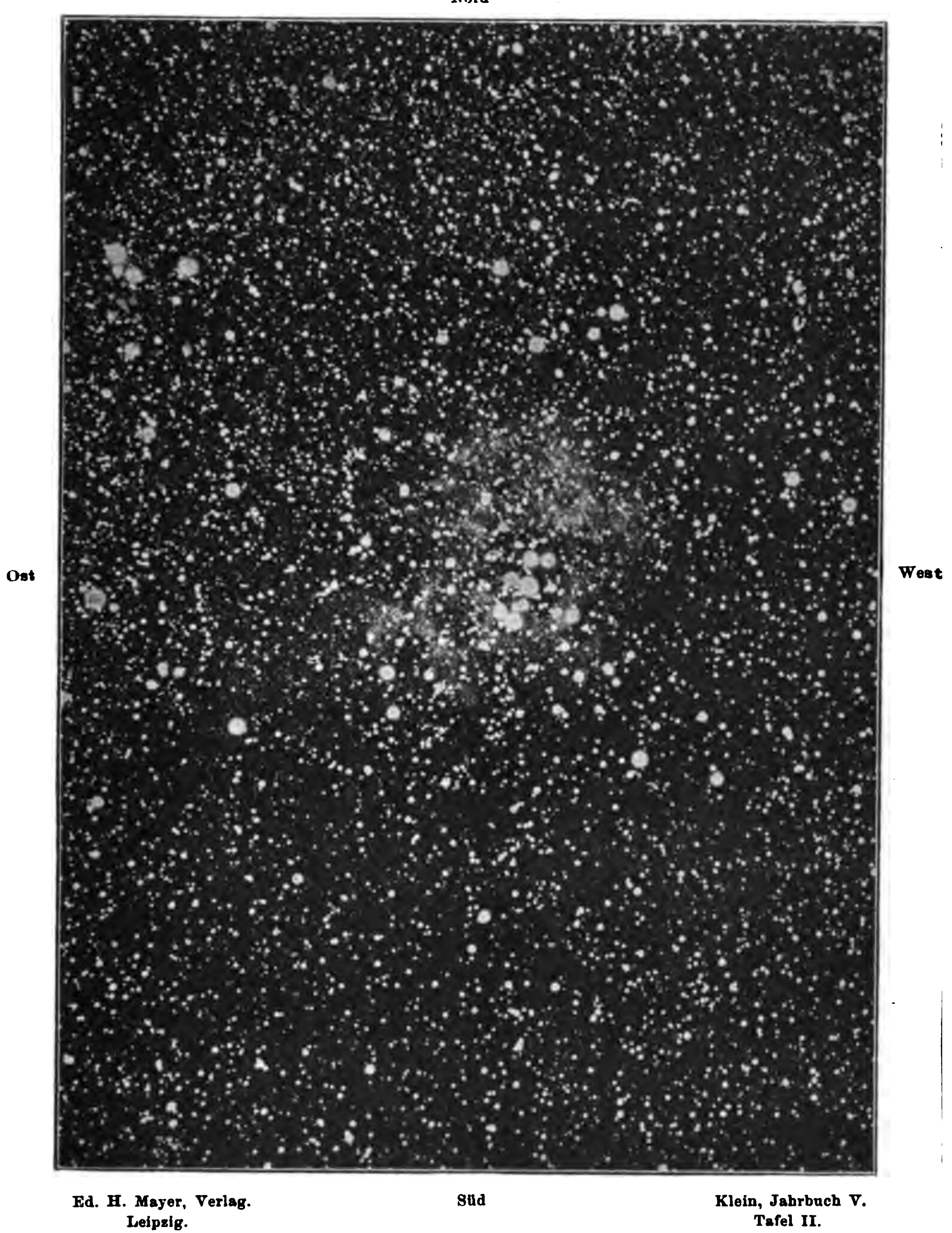
[1]) Easton, La Voie Lactée dans l'hemisphere boreál. Paris 1893.

Instrumente anwenden, aber sie verschwinden dadurch niemals; dies aber findet, für die anscheinend kontinuierliche Helligkeit dessen, was wir Milchstrasse nennen, thatsächlich statt.« Der Schimmer der Milchstrasse wird von den allerkleinsten, weder dem blossen Auge, noch in den stärksten Ferngläsern einzeln sichtbaren Sternchen hervorgebracht. Kleinere, einzeln dem blossen Auge nicht mehr als solche sichtbare Sterne (die aber im Fernrohre gut erkennbar sind) projizieren sich in grösserer Zahl bisweilen auf der eigentlichen Milchstrasse, und indem ihr Licht sich mit demjenigen der letzteren vereinigt, erscheint diese an solchen Orten heller. Auf diese Weise verursachen Sterne 6., 7. und 8. Grösse in verschiedenen hellen Teilen der Milchstrasse das granulierte Aussehen der letzteren. Die Milchstrasse selbst wird hierdurch nicht gebildet, ja man muss Barnard, der durch seine photographischen Versuche an der Milchstrasse zweifellos grosse Erfahrungen hierin besitzt, beistimmen, wenn er sagt: »Die wahre Gestalt der Milchstrasse hängt nicht von den Sternen 9. und 10. Grösse ab, sondern von Millionen kleiner Sterne, deren Mehrzahl jenseits der optischen Kraft unserer stärksten Instrumente liegt. Die Richtigkeit dieser Behauptung wird der erfahrene Beobachter der Milchstrasse bestätigen.« Es ist nun auch einleuchtend, weshalb z. B. die Untersuchungen von Fr. W. Struve über den Bau der Milchstrasse nur zu irrigen Resultaten führen mussten, da dieser berühmte Astronom von der eben erwähnten Thatsache keine Ahnung besass, vielmehr von ganz entgegengesetzter Annahme ausging. Sehr richtig bemerkt Easton, dass auch die jetzt in Ausführung begriffene photographische Himmelskarte die eigentliche Milchstrasse nicht erfassen wird, da die benutzten Instrumente nicht bis zu den Sternen, aus denen die letztere besteht, reichen. Ausserdem führe der photographische Prozess nicht zu dem gleichen Ergebnisse wie das Erfassen durch das Auge. Die Photographie lasse interessante Einzelheiten erkennen, aber das Ganze der Milchstrasse werde am besten durch das blosse unbewaffnete Auge erfasst. E. E. Barnard sagt gelegentlich seiner Versuche, die Milchstrasse zu photographieren: »Ein Voigtländer'sches Objektiv von 1 Zoll gab selbst nach $1\frac{1}{2}$-stündigem Exponieren keine Spur jener hellen, wolkigen Formen der Milchstrasse, die dem unbewaffneten Auge so frappant erscheinen. Dennoch war die Platte überall gesprenkelt von kleinen Sternchen, deren Mehrzahl dem unbewaffneten Auge entzogen und demnach weniger hell als die Milchstrasse ist. Die sensible Platte war nicht wie das Auge von der Lichtmenge getäuscht worden, aber da auf den Platten der Lichteindruck von der Lichtintensität abhängt, so musste der Apparat die gewissermassen individuellen Sternpunkte ergreifen. Hätte man länger exponiert, so ist klar, dass die Platte zuletzt auch das leuchtende Gewebe aufgenommen hätte, welches den Grund der Milchstrasse bildet. Man könnte kaum auf frappantere Weise den Unterschied zwischen Intensität und Qualität des Lichtes in seiner Wirkung auf die photographische Platte sichtbar machen.«

Easton giebt einen sehr vollständigen historischen Überblick aller bekannt gewordenen Arbeiten über das Aussehen der Milchstrasse. Es ist bezeichnend, dass die alte Beschreibung derselben von Ptolemäus im ganzen bis fast zur Mitte unseres Jahrhunderts noch die beste geblieben ist. John Herschel giebt eine Beschreibung der Milchstrasse, die bezüglich der helleren, südlichen Partien ziemlich vollständig erscheint, aber, was die nördliche Hälfte anbelangt, sich kaum über diejenige des Ptolemäus erhebt. Die von John Herschel gezeichnete Karte des südlichen Teiles der Milchstrasse ist ein Versuch, der zu keinem besonderen Ergebnisse führen konnte, da, wie Herschel selbst sagt, die Zeichnung beim Lichte einer kleinen Lampe entworfen wurde. Später hat J. Schmidt zu Athen eine Karte der Milchstrasse hergestellt, doch ist dieselbe Easton nicht zu Gesicht gekommen, überhaupt ist sie nicht publiziert worden. Gegenwärtig befindet sie sich mit anderen Werkchen Schmidt's auf dem astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam. Schmidt hatte diese Zeichnung leihweise seinem Freunde Prof. Heis zur Einsichtnahme überlassen. Derselbe brachte sie dem Referenten mit Zeichen lebhaften Erstaunens und grosser Beunruhigung. Auf dieser Karte war nämlich die Milchstrasse so scharf abgesetzt dargestellt, wie sie Heis niemals gesehen hatte, obgleich er sich doch viele Jahre mit der Beobachtung derselben beschäftigt hatte. Referent konnte nur versichern, dass er ebenfalls von den scharfen Ausbuchtungen und Grenzen der Milchstrasse, welche die Schmidt'sche Darstellung enthielt, nie etwas wahrgenommen hätte. Seine eigenen Beobachtungen erschienen, wie schon erwähnt, im Jahre 1867. Easton erweist denselben die Ehre, sie »als den ersten ernsthaften Versuch einer detaillierten Beschreibung der Milchstrasse zu bezeichnen, sie seien so detailliert, dass man eine gute Karte der Milchstrasse mit Hilfe der Angaben, welche sie enthält, anfertigen könne.« Im Anhange zu seinem Werke giebt Easton auch eine Übersetzung der damaligen Arbeit des Referenten. Diese nachträgliche Anerkennung einer sehr mühevollen, aber abseits der gewöhnlichen astronomischen Beobachtungen liegenden und deshalb unbeachtet gebliebenen Arbeit giebt dem Ref. Veranlassung, diejenigen Freunde der Himmelskunde, welche entfernt von Städten und ihrer nächtlichen Beleuchtung wohnen, zu einer Revision und Fortsetzung dieser Arbeit aufzufordern.

Im Jahre 1877 erschienen die Zeichnungen der Milchstrasse von Heis in dessen Atlas coelestis; sie übertreffen alles vor ihm in Karten niedergelegte, aber doch sind sie nicht genau und detailliert genug, auch war Heis selbst nicht ganz davon befriedigt.

Etwas später erschien Gould's Uranometria Argentina (1879), in welcher die Zeichnungen der Milchstrasse von Davis und Thome herrühren. Gould sagt in der Vorrede: »Denjenigen Astronomen, welche in geringen Höhen über dem Meere oder in der Nähe grosser Städte wohnen, wird die Helligkeit der Milchstrasse, wie sie auf den Karten dargestellt ist, vielleicht übertrieben erscheinen. Aber auf



Ed. H. Mayer, Verlag.
Leipzig.

Klein, Jahrbuch V.
Tafel II.

Swift's Nebel im Einhorn.

Nach der Photographie von C. C. Barnard.

keinem Exemplare, welches ich selbst mit dem Himmel verglichen habe, ist dies der Fall. Auf dem Observatorium zu Cordoba ist die Atmosphäre von solcher Klarheit, dass sie unter sonst günstigen Umständen leicht gestattet, die Sterne 7. Grösse zu unterscheiden.«

J. C. Houzeau hat auf Jamaika eine Darstellung der Milchstrasse ausgeführt, in welcher er das Detail durch Linien gleicher Helligkeit wiederzugeben sich bemüht. Diese Karte ist ein dankenswerter Versuch, die relative Helligkeit der einzelnen Teile zu fixieren.

Als die wichtigste Arbeit aber, welche bis jetzt über die Milchstrasse erschienen ist, muss der grosse Atlas von O. Böddicker bezeichnet werden. Die Zeichnungen der Milchstrasse, welche er enthält, wurden nach Beobachtungen in den Jahren 1884 bis 1889 zu Birr Castle in Irland, ausgeführt. Sie sind auf Blättern von 18 zu 23 Zoll reproduziert, und zwar in Lithographie. Nichts destoweniger hat Dr. Böddicker seine Arbeit für sehr verbesserungsfähig erklärt, und in der That sind die neuen Karten von Easton in mancher Hinsicht als wesentlicher Fortschritt über Böddicker's Arbeit hinaus zu betrachten. Easton giebt eine detaillierte Beschreibung des Aussehens der Milchstrasse und ihrer Verzweigungen, sowie einen Katalog der hellen und dunklen Flecken; letzterer enthält 164 Objekte. Unter ihnen ist ein dunkler Fleck von besonderem Interesse, den Easton als nördlichen Kohlensack bezeichnet. Nach den Beobachtungen erstreckt er sich von A Cygni bis fast zu α Cephei hin. In der Karte von Easton hat er eine viel zu unbestimmte Gestalt, und bei Heis ist er auch nur wenig besser dargestellt. Richtiger erscheint dem Referenten die Darstellung von Houzeau zu sein, doch fehlt hier der nördliche Teil der Milchstrasse überhaupt, so dass dieser Teil des Fleckes oder Kanals nicht in der Karte erscheint, weil er nur durch Kontrast mit der umgebenden Milchstrasse sichtbar ist. Dieser dunkle Streifen scheint zuerst von Dr. Oehl am 24. Juni 1843 genauer beobachtet worden zu sein, und nennt ihn derselbe eine »dunkle Weltwolke«. Auf neueren Photographien von Barnard kommt dieser dunkle Kanal deutlich zum Vorscheine. Ranyard meint, diese und ähnliche dunkle Stellen seien durch ein dunkles Medium erzeugt, welches zwischen uns und der Milchstrasse sich befindet. Prof. Barnard dagegen glaubt, dass dort wirkliche Lücken in dem Zuge der Milchstrasse vorhanden sind, und der erfahrene Beobachter der Milchstrasse kann ihm darin nur beistimmen.

Spektroskopische Untersuchungen über Nebelflecke. Solche sind einige Jahre hindurch von Prof. Keeler auf der Lick-Sternwarte angestellt worden, doch ist die begonnene Arbeit durch seine Berufung an das Alleghany-Observatorium vorzeitig zu Ende gekommen. Die Ergebnisse teilt er nunmehr im 3. Bande der Veröffentlichungen

der Lick-Sternwarte mit [1]). Die Untersuchungen wurden ausnahmslos am 36-Zoller angestellt, und zu den eigentlichen Messungen diente ein kraftvolles Spektroskop mit Rowland'schem Gitter, zu sonstigen Prüfungen ein kleines Sternspektroskop. Als Hauptergebnis dieser Untersuchungen ist die genaue Positionsbestimmung der beiden Hauptnebellinien zu betrachten. Frei von Eigenbewegung der Nebel und der Erde ist die Wellenlänge der ersten Hauptlinie $\lambda = 5007.05 \pm 0.03$ nach Rowland's Skala, jene der zweiten $\lambda = 4959.02 \pm 0.04$. Beide Linien haben durchaus keinen Repräsentanten unter den Absorptionslinien des Sonnenspektrums, und ebensowenig ist ein irdisches Element bekannt, dem sie ihren Ursprung verdanken. Das Spektrum mit hellen Linien in den Nebeln, zeigt, dass das Gas, welches in ihnen Licht ausstrahlt, entweder eine hohe Temperatur oder einen hohen Grad elektrischer Erregung besitzt, und ferner, dass Temperatur und Druck gegen den Kern hin zunehmen. Für die relative Eigenbewegung einiger Nebel in der Gesichtslinie zur Erde hin erhielt Prof. Keeler ziemlich genaue Werte. Dieselben sind in folgender Tabelle enthalten; + bedeutet Entfernung von der, — Annäherung zur Erde.

Nebel	Geschwindigkeit in engl. Meilen pro Sekunde
Orionnebel	+ 11.0 ± 0.8
General-Katalog Nr. 826	— 6.3
» » » 2102	+ 3.7 ± 1.8
» » » 4234	— 21.3 ± 1.3
» » » 5851	— 32.0
» » » 4373	— 40 2 ± 1.8
» » » 4390	— 6.0 ± 1.2
» » » 4510	— 10.4 ± 2 8
» » » 4514	— 3.3 ± 1 5
» » » 4628	— 30.9 ± 1.8
» » » 4964	— 7.1 ± 3.0
Neuer General-Katalog Nr. 6790	+ 30.1
» » » » 6891	+ 25.3 ± 4.0
» » » » 7027	+ 6.3 ± 1.2

Die meisten dieser Nebel zeigen eine Annäherung, weil zufällig die meisten derselben auch in dem Teile des Himmels stehen, gegen welchen hin sich die Sonne durch den Weltraum bewegt. Die grösste Bewegung in der Richtung auf uns zu ist 40.2 engl. Meilen, die grösste in der Richtung von uns ab 30.1 engl. Meilen in der Sekunde. Versuche, auf spektroskopischem Wege eine Rotation der planetarischen Nebel zu erkennen, führten zu keinem Resultate. E. v. Gothard hat in Hereny (Ungarn) ebenfalls Untersuchungen angestellt [2]). Er findet, dass die Nebel hauptsächlich aus Wasserstoff, dessen Linien zahlreich vertreten sind, und aus unbekanntem Nebelstoffe bestehen. Ferner hat er bei den grossen, unregelmässigen

[1]) Publications of the Lick-Observatory 1894. 4. IV. p. 165 u. ff.
[2]) Vierteljahrsschrift der Astron. Gesellschaft 28. p. 180.

Nebeln (Grosser Orion-Nebel, Dumbbell-Nebel) die brechbarste Nebellinie sehr kräftig gefunden, sie ist die kräftigste Linie des Spektrums. Es ist möglich, mit dem Objektivprisma allein das ultraviolette Bild des Nebels zu erhalten. Dieser Fall wurde auch bei dem Ringnebel in der Leier gefunden. Bei den planetarischen Nebeln ist diese Linie sehr schwach, oft gar nicht vorhanden. Diese müssen also eine andere chemische Zusammensetzung oder einen anderen physischen Zustand haben, sie sind nach v. Gothard's Meinung nicht in bedeutender Entfernung befindliche grosse Nebel, sondern befinden sich in einem anderen Stadium der Entwickelung wie die ausgedehnten Nebel.

Das Spektrum des Orionnebels. W. Campbell erklärt[1]) die Ansicht für irrig, dass dieses Spektrum für alle Teile des Nebels wesentlich das gleiche sei. »Die relativen Helligkeiten der drei Hauptlinien schwanken in weiten Grenzen in den verschiedenen Nebelpartien. In unmittelbarer Nähe beim Trapeze, wo der Nebel sehr dicht erscheint, verhalten sich die Intensitäten der drei Linien (Wellenlängen 501, 496 und 486 $\mu\mu$) ungefähr wie 4 : 1 : 1. Dagegen sind an Stellen mittlerer Dichte die erste und dritte Linie nahezu gleich hell. Viele der schwachen Nebelpartien des Süd- und Westrandes geben sogar ein Spektrum, in dem die dritte Linie die erste an Stärke übertrifft. Namentlich liefert der isolierte, nordöstlich vom Trapeze stehende Nebel (um den Stern Nr. 734 nach Bond's Karte) ein Spektrum, in welchem die dritte Linie fünfmal so hell als die erste ist. Bewegt man den Spalt des Spektroskops über den Nebel hin, so sieht man die Intensitäten der ersten und dritten Linie rasch sich ändern. Oft umfasst schon der kurze Spalt zu gleicher Zeit neben einander liegende Nebelpartien von gerade entgegengesetztem Verhalten bezüglich der genannten Linien. Die zweite Linie ist dagegen überall viermal schwächer als die erste und meistens auch mehr oder weniger schwächer als die dritte.«

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3205.

Geophysik.

1. Allgemeine Eigenschaften der Erde.

Neue Berechnung der Erddimensionen. Die Vollendung der russischen Längengradmessung auf dem Parallele von $47\frac{1}{2}^0$ und 52^0 nördl. Br. hat Prof. Schdanow Veranlassung zu einer neuen, darauf basierten Berechnung der Erddimensionen gegeben[1]). Die Messung auf dem Parallele von $47\frac{1}{2}^0$ erstreckt sich von Kischinew bis nach Astrachan, mit drei Grundlinien, zehn direkt telegraphisch bestimmten Längenunterschieden, 14 Polhöhenbestimmungen und im ganzen 196 Dreiecken. Die Messung unter 52^0 nördl. Br. bildet den östlichen Teil der grossen europäischen Längengradmessung von Warschau bis Orsk. Beide Messungen sind auf russischem Gebiete durch drei Meridianmessungen miteinander verbunden. Diese sämtlichen Messungen, mit Ausnahme des Bogens Orenburg-Orsk, der einer Revision bedarf, hat Prof. Schdanow seiner Rechnung zu Grunde gelegt und findet daraus:

$$\text{grosse Halbaxe der Erde} : 6\,377\,717 \pm 307\ m$$

$$\text{Abplattung} : \frac{1}{299.7 \pm 6.9}.$$

Dieses Resultat, welches auf 55^0 Längenunterschied und einem Meridianbogen von 15^0 beruht, ist einigermassen überraschend dadurch, dass es eine nicht unwesentlich kleinere grosse Halbaxe und Abplattung der Erde ergiebt, als die auf 78^0 Meridianbogen beruhende Clarke'sche Rechnung von 1880 und bezüglich der Abplattung auch als die sämtlichen Pendelmessungen. In beiden Beziehungen kommt die neue Rechnung den Bessel'schen Resultaten von 1841 die auf 50.5^0 Bogenlänge beruhen) sehr nahe.

Die Polhöhenschwankungen auf Hawaii. E. D. Preston hat im Auftrage der nordamerikanischen Regierung zu Waikiki 1891 und 1892 Polhöhenbeobachtungen angestellt, um die Dauer und Amplitude der Polhöhenschwankung festzustellen. Aus seinen Beob-

[1]) Sapiski der kriegstopographischen Abhandlungen des grossen Russ. Generalstabes **49** u. **50.** St. Petersburg 1893 (in russ. Sprache).

achtungen ergab sich, je nach der bei der Berechnung angewandten Methode:

Minimum	Maximum	Amplitude	Periode
1891 2. Oktober	1892 9. April	0.62″	378 Tage
1891 14. September	1892 2. April	0.62″	381 Tage

Über die Änderung der Polhöhe hat Prof. H. G. van de Sande Bakhuyzen der Akademie der Wissenschaften zu Amsterdam eine wichtige Abhandlung vorgelegt[1]). Folgendes ist der Hauptinhalt derselben.

»Durch eine Menge genauer Beobachtungen aus den letzten Jahren hat die Veränderlichkeit der Polhöhe einen so hohen Grad von Wahrscheinlichkeit erreicht, dass sie als eine feststehende Thatsache zu betrachten ist, und es ist ein nicht zu hoch anzuschlagendes Verdienst Chandler's, bewiesen zu haben, dass diese Änderung aus zwei Teilen besteht, von denen der eine eine Periode von ungefähr 430 Tagen, der andere, von meteorologischen Einflüssen abhängig, eine Periode von einem Jahre besitzt.

Sowohl in theoretischer Hinsicht zur Erklärung der erstgenannten periodischen Änderung, als auch in praktischer Hinsicht zur Reduktion der in früheren Jahren bestimmten Deklinationen u. s. w., ist es von Wichtigkeit, zu erforschen, ob wirklich die Periodendauer konstant ist, und welches die Amplitude und die Epochen sind. Chandler hat hierüber viele Rechnungen angestellt und eine Menge interessanter Abhandlungen geschrieben; es scheint jedoch, dass verschiedene Astronomen noch nicht von der Richtigkeit seiner Resultate überzeugt sind; vielleicht sind auch einige der von Chandler benutzten Beobachtungsreihen weniger genau, als er meint.«

Verf. hat deshalb die Periodendauer, Epoche und Amplitude der Breitenänderung neu bestimmt, zum Teile auch aus Beobachtungsreihen, welche von Chandler nicht benutzt sind. Seinen Rechnungen hat er die Hypothese zu Grunde gelegt, dass der Einfluss der Polhöhenänderung auf die Beobachtungsresultate durch eine aus zwei Gliedern bestehende Sinusformel darstellbar ist, von denen das erste die Chandler'sche Periode (430 Tage) umfasst, das zweite, wie oben bemerkt, ein Jahr. Der von meteorologischen Einflüssen abhängige Teil der Breitenänderung ist nach dem Verf. sicher nicht genau darstellbar durch obiges zweites Glied, doch kann man zur Zeit nichts Genaueres an seine Stelle setzen.

Aus den zu Grunde gelegten Beobachtungen, die man im einzelnen im Originale nachsehen muss, findet Verf. eine Periodendauer von 431.22 Tagen. Die Änderung der Polhöhe in der Chandler'schen Periode ist also für das Julianische Datum t:

$$0.168'' \cos\left((t - 2\,406\,430)\,\frac{360}{431}\right).$$

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3261.

Wie schon oben erwähnt, glaubt Verf. nicht, dass die jährliche Änderung sich mit einiger Sicherheit aus den vorhandenen Beobachtungen ableiten lässt. Die Resultate, welche aus den Beobachtungen in Berlin, Potsdam, Prag und Strassburg erhalten sind, verdienen vielleicht noch am meisten Vertrauen. Nach diesen Beobachtungsreihen würde die Formel für die jährliche Änderung sein

$$0.112'' \cos \left((t - 26. \text{ Septbr.}) \frac{360}{365.25} \right).$$

Wenn die Periodendauer konstant und grösser als 305 Tage ist, lässt sich dieses am einfachsten erklären durch eine Änderung in der Lage der Axe des grössten Trägheitsmomentes, derart, dass diese mit ihrer mittleren Lage und die Rotationsaxe sich fortwährend in einer Ebene befinden, und zwischen ihren gegenseitigen Winkeln ein konstantes Verhältnis besteht, wie solches von Gyldén in seinen interessanten Abhandlungen aus den Jahren 1878 und 1879 in der Schwedischen Akademie abgeleitet ist. Sei die Entfernung des Rotationspols von seiner mittleren Lage $\Delta\varphi$, so ist die Entfernung des Pols des grössten Trägheitsmomentes (Trägheitspol) von dem wirklichen Rotationspole $\frac{305}{431} \Delta\varphi$ und von dessen mittlerer Lage $\frac{126}{431} \Delta\varphi$; in 431 Tagen bewegt sich dann der Trägheitspol um den mittleren Rotationspol. Es ist natürlich nicht unmöglich, dass diese Bewegung eine Folge von Massenverschiebungen im Inneren der Erde ist, doch ist eine solche regelmässige Verschiebung unwahrscheinlich; viel wahrscheinlicher ist die von Gyldén erwähnte und von Newcomb näher entwickelte Annahme, dass sie eine Folge sei der durch die Zentrifugalkraft hervorgerufenen Änderung des Erdkörpers.

Beschränkt sich diese Änderung bloss auf den flüssigen Teil der Erde an der Oberfläche oder vielleicht auch im Inneren, so würde die Entfernung der Pole sich allmählich verringern (siehe Gyldén's Abh.); bei einer Deformation der festen Erde, insofern diese als ein vollkommen elastischer Körper zu betrachten ist, bleibt diese Entfernung konstant.

Leider ist der Zeitraum von 33 Jahren, während dessen keine Änderung der Amplitude zu konstatieren ist, vermutlich nicht genügend lang, um einen wirklichen Einfluss der Flüssigkeitsreibung zu verraten; fernerhin ist es auch nicht unmöglich, dass die Amplitude, welche sonst durch diese Reibung verringert sein sollte, durch Massenänderungen im Inneren der Erde wieder etwas vergrössert ist. Es lässt sich deshalb nicht mit Bestimmtheit sagen, ob die Änderung in der Lage des Trägheitspols nicht auch zum Teile durch die Deformation der festen Erde hervorgerufen wird.

Jedenfalls wird jedoch mit einer periodischen Änderung der Lage der Rotationsaxe eine periodische Änderung der mittleren Meereshöhe verbunden sein, und es schien dem Verf. von Interesse, zu untersuchen, ob diese sich aus den vorhandenen Beobachtungen ableiten lässt. Für diese Untersuchung konnte Verf. verfügen über die an dem Mareographen zu Helder registrierten Wasserhöhen aus den Jahren 1851—1893, woraus er zur weiteren Bearbeitung die 38 Beobachtungsjahre 1855—1892 wählte. Diese Zahlen wurden in 14 Gruppen abgeteilt, so dass jede Gruppe gebildet war aus denjenigen Monatsmitteln, welche mit derselben Phase der 431 tägigen Polhöhenänderung übereinstimmten. Es wurde sorgfältig darauf geachtet, dass durch kleine Verschiebungen der Monatsmittel in den verschiedenen Reihen, und durch Hinzufügen von kleinen Korrektionen, welche niemals 2.4 *mm* überschritten, der Einfluss aller von Sonne und Mond herrührenden Änderungen der Meereshöhen in den Mittelwerten der Reihen eliminiert ist. Um den Einfluss von zufälligen Fehlern zu verringern, bildete Verf. dann noch jedesmal das Mittel dreier aufeinander folgenden Mittelwerte und erhielt dann folgende 14 Abweichungen von dem allgemeinen Mittel, in Millimetern ausgedrückt:

+ 3.8	+ 1.3
— 11.6	+ 4.1
— 2.6	+ 5.0
— 3.1	+ 2.0
— 1.8	+ 3.0
— 14.2	+ 14.7
— 7.5	+ 7.2

Obwohl bei dem kleinen Werte der systematischen Änderung die zufälligen Fehler in diesen Zahlen ziemlich gross sind, so deutet doch besonders der Zeichenwechsel auf eine Änderung während der vom Verf. angenommenen Periode von 431 Tagen.

Verf. hat dann die Reihe durch eine Formel darzustellen versucht und erhielt für die Amplitude 8.2 *mm*. Wenn diese Änderung von den periodischen Variationen der Polhöhe herrührt, so muss das Minimum der Meereshöhe in Zeit mit dem Maximum der Polhöhe übereinstimmen, die Übereinstimmung zwischen Beobachtung und Rechnung ist in dieser Beziehung befriedigend.

Der theoretischen Ableitung dieser Amplitude müssen bestimmte Hypothesen zu Grunde gelegt werden, in der Hauptsache, ob die Änderung in der Lage des Trägheitspols, abgesehen von dem Einflusse des Wassers an der Oberfläche, bloss von einer Deformation der festen Erde oder auch teilweise von einer Bewegung der Flüssigkeitsmassen im Inneren der Erde hervorgerufen wird. Verf. berechnet nun die Amplitude nach der ersten Hypothese, dass allein eine Deformation der festen Erde stattfindet, und nach der zweiten Hypothese, dass die Erde absolut starr ist.

Es ergiebt sich indessen kein bestimmtes Resultat darüber, ob die erste oder die zweite Hypothese richtig ist, oder vielmehr ob die Änderung in der Lage des Trägheitspols auch teilweise durch die Bewegung von Flüssigkeitsmassen unterhalb der Erdoberfläche hervorgerufen wird. »Nur durch die Bearbeitung einer grösseren Anzahl von Mareographenbeobachtungen, aber besonders durch eine genaue Theorie der Wasserbewegung an der Oberfläche und der Einflüsse der Anziehungskraft der festen Teile der Erde, kann man hierüber einige Auskunft erhalten. Aus der Vergleichung der berechneten und beobachteten Amplituden darf man jedoch schliessen, dass, so wie angenommen, dieser Einfluss wirklich existiert.«

Anomalien der Schwere auf dem nordamerikanischen Kontinente. Kommandant Defforges hat neuerdings Schwerebestimmungen auf einer Reise durch Nordamerika von Washington nach San Francisco ausgeführt und giebt folgende Resultate derselben [1]).

Stationen	Höhe über dem Meere m	Schwere g beobachtet	Schwere g reduziert	Schwere g berechnet
Washington	10	9 80167	9.80169	9 80142
Montreal	100	9.80729	9.80747	9.80716
Chicago	165	9.80345	9.80375	9.80386
Denver	1645	9.79684	9.79983	9.80216
Salt Lake City	1288	9.79816	9.80050	9.80293
Mount Hamilton	1282	9,79683	9.79916	9.79991
San Francisco	114	9.80016	9.80073	9 80030

Während die aus den Meerestiefen aufragenden Inseln einen sehr beträchtlichen Überschuss (positive Anomalie) der Schwere zeigen, weisen die Kontinente der alten Welt eine negative Anomalie auf. Die Messungen, deren Ergebnisse vorstehende Tabelle enthält, zeigen, dass gleiches im allgemeinen auch für das Festland von Nordamerika gilt, längs der Linie von Washington nach San Francisco [2]).

Lotabweichungen in der Nordschweiz. Im Anschlusse an seine früheren Mitteilungen über die Westschweiz giebt J. B. Messerschmitt, nachdem die Messungen in der Nordschweiz einen gewissen Abschluss gefunden haben, Mitteilungen über die dort stattfindenden Lotabweichungen [3]). In den früheren Mitteilungen [4]) wurde gezeigt, dass in der Westschweiz bezüglich der Lotabweichungen einerseits die Alpen, anderseits der Jura die Stellung des Lotes bestimmen.

---

[1]) Klein, Jahrbuch **4.** p. 85.
[2]) Compt. rend. **118.** p. 229.
[3]) Astron. Nachr. Nr. 3256.
[4]) Klein, Jahrbuch **4.** p. 77.

Auch die Richtung der Lotstörungen in der Nordschweiz stimmt mit der Lage der Punkte im Terrain überein. »Die Stationen längs des Rheines von Rheinfelden bis Schaffhausen zeigen alle eine Anziehung des Schwarzwaldes, sowohl die im Thale, als jene auf der Höhe gelegenen. Bei Hohentwiel wirken die im NW liegenden vulkanischen Massen von grosser Dichtigkeit stark anziehend, wozu im SO die Rheinebene mit Gesteinen von geringerer Dichtigkeit gewissermassen abstossend hinzutritt.

Ebenso erklären sich die grossen Lotabweichungen auf Pfänder und besonders auf Hersberg hauptsächlich durch die geringe Masse des Bodensees.

Endlich zeigen Gäbris, Hörnli und Zürich nur geringe Ablenkungen, wie es auch deren Lage inmitten ausgedehnter Berglandschaft nicht anders erwarten lässt.«

Untersuchungen über den Einfluss der Temperatur auf die Intensität der Schwere hat A. E. Kennelly angestellt[1]. Die Versuche wurden zu Orange (New-Yersey) im physikalischen Laboratorium von Edison vorgenommen und bestanden in der genauen Gewichtsbestimmung eines Platinfadens, der auf verschiedene Temperaturen zwischen 20° und 800° gebracht wurde. Die Versuche ergaben ein gänzlich negatives Resultat.

Die Dicke der Lithosphäre. Th. Fuchs machte hierüber einige Bemerkungen[2]. Die Frage nach der Dicke der starren Erdkruste und deren Verhältnis zu dem flüssig gedachten Erdkerne ist wiederholt ventiliert worden, und es wurden thatsächlich verschiedene Versuche gemacht, jene Dicke unter bestimmten Annahmen rechnungsmässig festzustellen oder doch gewisse Grenzwerte für dieselbe zu gewinnen.

Man kann nicht sagen, dass die hierbei gewonnenen Resultate besonders befriedigend waren, und ist es wohl auch nicht schwer, den Grund hiervon einzusehen.

Es ist nämlich gegenwärtig wohl ziemlich allgemein anerkannt, dass die Begriffe von »starr« und »flüssig«, wie sie uns auf der Erdoberfläche aus der Erfahrung bekannt sind, sich nicht ohne weiteres auf das Erdinnere übertragen lassen, und dass die Aggregatzustände, welche die Materie unter so grossem Drucke, wie er im Inneren der Erde herrscht, annimmt, gewiss sehr verschieden sind von jenen, die wir an der Erdoberfläche kennen.

Viel seltener als die Frage nach der Dicke der starren Erdkruste wurde jene nach der Dicke der aus steinigen Substanzen

---

1) Publ. Astron Society of Pacific **8.** Nr. 14.
2) Annalen des k. k. naturhistorischen Hofmuseums in Wien **9.** p. [55.]

bestehenden Erdrinde oder der Lithosphäre behandelt, ja es ist Verf. überhaupt kein Versuch bekannt, diesen Gegenstand der mathematischen Behandlung zu unterwerfen.

Gleichwohl ist es ohne Schwierigkeit verständlich, dass gerade zur Lösung dieser Frage eine verhältnismässig sichere Basis vorhanden ist, indem alle zu einer derartigen Rechnung notwendigen Elemente mit verhältnismässig grosser Genauigkeit und Sicherheit festgestellt sind.

Es schien dem Verf. daher eine Lösung dieser im Grunde genommen ziemlich einfachen Frage eine sehr zeitgemässe zu sein. Der Rechnung, welche sein Bruder, Prof. Carl Fuchs, durchführte, wurden folgende Voraussetzungen zu Grunde gelegt:

Mittlere Dichte des Erdkörpers	. . . .	= 5.5
» » der Lithosphäre	. . . .	= 2.5
» » der Barysphäre	. . . .	= 7.0 (= Eisen).

»Unter diesen Voraussetzungen müsste die Dicke der Lithosphäre 12.7 % des Erdradius oder rund 109 Meilen betragen.

Unter den vorgenannten Annahmen ist die mittlere Dichte der Lithosphäre mit 2.5 wohl etwas zu gering angenommen, besonders wenn man bedenkt, dass die tieferen Teile derselben voraussichtlich vorwiegend aus basaltischen Gesteinen bestehen, und wäre dieselbe wahrscheinlich richtiger mit 2.7 anzunehmen gewesen. Unter dieser Voraussetzung würde die Dicke der Lithosphäre noch um ein geringes wachsen.

Sollten im Zentrum der Barysphäre noch schwerere Substanzen als Eisen, etwa Gold, Platin oder dergl. angehäuft sein, was durchaus nicht unwahrscheinlich ist, so müsste die Dicke der Lithosphäre ebenfalls grösser angenommen werden.

Die vorerwähnte Dicke der Lithosphäre von 109 Meilen stellt mithin auf Grund der uns bekannten Thatsachen die minimale Mächtigkeit vor, welche in Wirklichkeit höchst wahrscheinlich noch etwas bedeutender ist.

Nimmt man die Dichtigkeit der Lithosphäre = 0 an, so ergiebt sich rechnungsmässig für dieselbe noch immer eine Dicke von circa 60 Meilen, bei einer Dichtigkeit von 3 wäre diese Dicke circa 125 Meilen.«

Das Alter der Erde versuchte Clarence King zu bestimmen[1]. Er benutzte dazu Beobachtungen von C. Barus über Schmelzungen von Diabas[2]), welche ergeben haben, dass dessen Schmelzung bei 1170° erfolgt. Mit Berücksichtigung der Annahme von Sir William

---

1) Americ. Journ. of Sc. [3] **45.** p. 1 u. ff.
2) a. a. O. **48.** p. 56.

Thomson über die Rigidität der Erde kommt King zu einem wahrscheinlichen Alter der letzteren von 24 Millionen Jahren. Dass eine solche auf besonderen Voraussetzungen beruhende Bestimmung sehr unsicher sein muss, liegt auf der Hand.

2. Oberflächengestaltung.

Die allgemeine Morphologie der Erdoberfläche ist Gegenstand eines grossen Werkes von Prof. Penck, in welchem die geotektonischen Formen unter doppelten Gesichtspunkten gewürdigt und sowohl die gestaltenden Kräfte in ihrer Wirksamkeit als auch die einzelnen Formenkomplexe nach ihrer Entstehung betrachtet werden. Billig gebührt diesem Werke[1]) an gegenwärtiger Stelle eine rühmliche Erwähnung, da es den dermaligen Standpunkt der Wissenschaft scharf bezeichnet und auf lange hinaus als grundlegende Arbeit zu betrachten ist.

Über die Stellung der Geomorphologie unter den wissenschaftlichen Disziplinen äussert sich Prof. Penck einleitend in folgender Weise.

»Wie auffällig die Formen der Erdoberfläche vielfach entgegentreten, so sind sie doch gegenüber dem Erdganzen sehr unbedeutend und würden bei einer Betrachtung des letzteren von einem entfernten Standpunkte aus verschwinden. Hervortreten würde dann die kugelähnliche Erdgestalt, von welcher die Formen der starren Oberfläche lediglich unbedeutende Abweichungen darstellen würden. Hiervon ausgehend, erfasst die Morphologie der Erdoberfläche die einzelnen Formen derselben als Abweichungen von der sphäroidischen Erdgestalt. Sie übernimmt dabei von der Geodäsie die Angaben über die Gestalt und Grösse des Erdballes, welch erstere ungemein nahe durch den Spiegel des Meeres veranschaulicht wird, so dass sich ihre beschreibende Aufgabe dahin gestaltet, die Aufragungen der festen Erdkruste über den Meeresspiegel und deren Einsenkungen unter den letzteren darzustellen, sowie nach ihrer Vergesellschaftung zu beschreiben.

Indem die Morphologie der Erdoberfläche zu ihrer deskriptiven Aufgabe die genetische gesellt, hat sie die Kräfte, welche die feste Erdkruste verändern, namentlich in ihren gestaltenden Wirkungen zu untersuchen. Sie gewinnt dabei eine grosse Zahl genetisch wichtiger Merkmale, welche eine genetische Klassifikation der einzelnen Formen und Formengesellschaften ermöglichen. Hierbei tritt sie in engste Fühlung mit der Geologie, welche gleichfalls die Veränderungen der physischen Erdkruste betrachtet, allerdings meist weniger in Rücksicht auf die dabei entstehenden Formen, als auf die sich bildenden Ablagerungen.

---

[1]) Morphologie der Erdoberfläche von Prof. Dr. A. Penck. 2 Bände. Stuttgart 1894. Verlag von J. Engelhorn.

Geodäsie und Geologie sind die vornehmsten Hilfswissenschaften der Geomorphologie, diese selbst aber ist der Hauptbestandteil der eigentlichen Geographie als Lehre von der Erdoberfläche. Würdigt die Morphologie die Formen der letzteren nach Art und Ursprung, so beschreibt die Geographie deren Verbreitung und Zusammenvorkommen mit den Erscheinungen der Atmosphäre und Hydrosphäre, sowie der organischen Welt. So steht denn die Geomorphologie in engster Beziehung zu drei Wissenschaften, auf deren Litteraturen sie vornehmlich angewiesen ist.

Die Anfänge rein deskriptiver geomorphologischer Arbeiten reichen weit zurück, jedwelche Karte, welche die Formen der Erdoberfläche wiedergiebt, ist eine Art morphologischer Darstellung, welche im Laufe unseres Jahrhunderts zu hoher Vollendung gebracht worden ist. Allein als rein deskriptive Wissenschaft hat die Kartographie sich ausschliesslich in der Richtung der Verfeinerung der Untersuchungs- und Darstellungsmethoden entwickelt, was sie in immer engere Fühlung mit der Geodäsie brachte, so dass sie nunmehr als eine Disziplin der letzteren gelten muss. Sehr alt ist ferner die Fixierung einzelner morphologischer Begriffe durch die Geographie. Der ersten allgemeinen systematischen Darstellung des Formenschatzes der Erdoberfläche wird in dem ersten Werke über allgemeine Geographie, der Geographia generalis des grossen Bernhard Varenius begegnet. Es ist auch die geographische Litteratur, welche die älteren Ansichten über die Entstehung von Formen der Erdoberfläche enthält. Aber derartige genetische Erörterungen sind in dem Masse aus geographischen Werken verschwunden, als sich seit dem vorigen Jahrhunderte die Geologie entwickelte. Diese war ursprünglich nichts anderes als eine allgemeine Erdkunde, eine Theorie der Erde nach älterer Ausdrucksweise, und beschäftigte sich vor allem auch mit der Entstehung der Formen der Erdoberfläche. Der ganze dritte Abschnitt der für alle Zeiten klassischen Erläuterungen des Schotten Playfair zu Hutton's Theorie, beschäftigt sich mit der Ausgestaltung der Erdoberfläche, und der Werner'schen Geologenschule sind verschiedene systematische Einteilungen der Formen der Erdoberfläche nach äusseren Kennzeichen zu danken, ohne dass dabei der Versuch gemacht wird, aus der Oberfläche der Erde auf ihren Inhalt zu schliessen, was Karl Friedrich Struve erstrebte. Fr. Ambros Reuss gab in seinem Lehrbuche der Mineralogie einen rein morphologischen Abschnitt, ebenso K. F. Richter in seinem Taschenbuche zur Geognosie; der letzte Wernerianer, K. A. Kühn, widmete gleichfalls den ganzen dritten Abschnitt seines Handbuches der Geognosie den Erdoberflächenverhältnissen des festen Erdkörpers. Ein geologisches Werk ist es auch, das zum ersten Male von einer »Morphologie der Erdoberfläche« redet. Karl Friedrich Naumann definierte sie als die Lehre von den räumlichen und gestaltlichen Verhältnissen der festen Erdkruste und behandelte sie in eingehender, noch heute sehr beachtenswerter Weise. Eine genetische Morpho-

logie kennt Naumann's Lehrbuch jedoch nicht; vornehmlich die Erforschung des Aufbaues der Erdkruste ins Auge fassend, hatte sich die Geologie mehr und mehr von der genetischen Betrachtung der Formen der Erdoberfläche entfernt, und sie konnte dies um so eher, als die letzteren durch jene Katastrophen direkt erklärt zu sein schienen, die man glaubte annehmen zu müssen. Erst auf einem Umwege kam man wieder dazu, sich geologischerseits mit den Formen der Erdoberfläche zu befassen. J. P. Lesley erkannte den Zusammenhang zwischen innerer Struktur der Kruste und deren Oberflächenformen und stellte der »Topographie als Kunst«, nämlich der Kartenaufnahme, die »Topographie als Wissenschaft« gegenüber. Unverkennbar führt sich auf diese Anregung der grosse Aufschwung zurück, welchen die morphologische Geologie seither in Amerika genommen hat, und der durch K. G. Gilbert zur Entwickelung eines eigenen Wissenszweiges, der Orologie, führte, welcher aber auch in Grossbritannien fühlbar ist. A. C. Ramsay und Archibald Geikie erschlossen hier das Verständnis der Oberflächenformen ganzer Länder.

Die geographische Litteratur hat erst spät an diesen Errungenschaften teilgenommen. Zwar haben die beiden leitenden Geographen der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts die Morphologie der Erdoberfläche entschieden gefördert. Seiner allgemeinen vergleichenden Geographie stellte Karl Ritter als Einleitung einen Abschnitt über die festen Formen der Erdrinde, also ein morphologisches Kapitel, voran; er erschloss Hilfsmittel, die räumlichen Verhältnisse durch Form und Zahl zu charakterisieren; und in seinen allerdings posthum herausgegebenen Vorlesungen bezeichnete er die so darzustellende Konfiguration der Erdteile direkt als Morphologie. Sein grosser Zeitgenosse, A. v. Humboldt, gab gleichfalls Wege an, die Formen der Erdoberfläche durch Masse zu kennzeichnen, aber beiden Männern lag eine genetische Morphologie ferne. Kein Wunder daher, wenn ihre Nachfolger sich gleichfalls nicht mit letzterer beschäftigten und um so eifriger in den von den grossen Meistern eingeschlagenen Bahnen fortschritten.

v. Sonklar's »Allgemeine Orographie, die Lehre von den Reliefformen der Erdoberfläche« steht auf diesem Boden. Weit mehr als die Hälfte dieses morphologischen Werkes ist rein deskriptiv. Fast ein Zehntel beschäftigt sich mit den Massen der Formen, nur ein Fünftel mit deren Entstehung, welche geschildert wird ohne Rücksicht auf damals schon gezeitigte Ergebnisse der Geologie. Diesen Sachverhalt muss man berücksichtigen, um die Bedeutung von Peschel's »Neuen Problemen der vergleichenden Erdkunde« voll zu würdigen, die ihr Verfasser selbst als »Versuch einer Morphologie der Erdoberfläche« (1869) bezeichnete. Diese Sammlung glänzend geschriebener Essays wies die Geographen wieder auf ein fast durch ein Jahrhundert vernachlässigtes Gebiet, die genetische Morphologie, und wenn auch wohl das Meiste des Inhaltes von Peschel's Buch bereits beim Erscheinen desselben nicht als neu

gelten konnte, so bezeichnet es doch einen Wendepunkt in der Entwickelung der Formenlehre von der Erde. Es übernahmen in Deutschland die Geographen wieder ein langverschmähtes Erbe, sie schufen eine Reihe morphologischer Monographien, zunächst noch geschrieben nach der Art der Peschel'schen, dann aber mehr und mehr sich die Ergebnisse britischer und amerikanischer Geologen zu nutze machend. Bereits liegt ein Werk vor, welches die bisher üblich gewesene formale Klassifikation der Formen der Erdoberfläche durch eine völlig durchgearbeitete genetische ersetzt, wenngleich bescheidenerweise nur in Form eines Vorschlages für künftige Beobachter, das ist v. Richthofen's Führer für Forschungsreisende (Berlin 1886). Auch die französische Litteratur ist um ein ähnliches morphologisches Werk bereichert worden. An Stelle jener zahlreichen militärischen Terrainlehren, die meist nichts anderes sind als Anleitungen zum Kartenlesen, gelegentlich aber auch die unbegreiflichsten genetischen Vorstellungen verbreiten, oder unter irreleitenden Titel lediglich Verzeichnisse morphologischer und anderer Bezeichnungen enthalten, setzten de la Noë und E. de Margerie eine genetische Geländelehre.

Das Alter der Festländer bildet den Gegenstand einiger Betrachtungen von M. Fiebelkorn[1]). Die Frage, ob die Kontinente im Laufe der geologischen Perioden in ihren Umrissen wesentliche Veränderungen erlitten haben, oder ob sie sich während dieser Zeit in ihren Hauptzügen gleich geblieben sind, ist schon seit einer Reihe von Dezennien eine viel umstrittene. Drei Richtungen unter den Geologen stehen sich bei dem Versuche, dieselbe zu lösen, gegenüber. Die eine schliesst sich der Auffassung Lyell's an, welcher, auf der Lehre Playfair's und L. v. Buch's von den säkularen Hebungen und Senkungen fussend, die Ansicht vertritt, dass im Laufe der geologischen Perioden ganze Kontinente in den Meeresfluten verschwinden, um anderen Platz zu machen, und dass die Umrisse der Festländer sich nur für die einzelnen geologischen Formationen gleichbleiben, während sie im Laufe längerer Perioden in ihren Umrissen weitgehenden Veränderungen unterworfen sind, so dass in einer Periode die Landverteilung mit der der früheren kaum irgendwelche Ähnlichkeit besitzt. Die beiden anderen Richtungen gehen von den Resultaten aus, welche die Challenger-Expedition bei ihren Tiefseeforschungen gewonnen hat. Einzelne Forscher, wie Neumayr, sind der Ansicht, dass gerade diese Ergebnisse uns nötigen, viele Ablagerungen aus früheren Perioden als echte Tiefseebildungen anzunehmen und somit den Umriss der Kontinente nicht als etwas Unveränderliches zu betrachten, während nach anderen Geologen, wie Dana, Geikie, Wallace und Agassiz, die Ablagerungen der tiefsten Wannen der Ozeane im Laufe der geologischen Perioden

[1]) Potonié's Wochenschrift 1894 Nr. 11.

niemals aus dem Meere emporgetaucht sind, und mithin kein Teil der heutigen Festländer als Tiefseebildung zu betrachten ist. Besonders Agassiz ist zu dem Resultate gekommen, dass die Gestalt der Festlandsmassen innerhalb der 200-Fadenlinie sich seit den ältesten Zeiten unverändert erhalten habe.

Die Auffassung Lyell's ist wenig geeignet, sich Anhänger zu verschaffen, da die Existenz der säkularen Hebungen und Senkungen der Festländer sehr fraglich und unwahrscheinlich ist; sollten dieselben jedoch wirklich vorhanden sein, so könnte, wie Neumayr gezeigt hat, aus ihnen höchstens auf eine langsame Verminderung der Abplattung des Erdsphäroïds geschlossen werden, wodurch sich solche Veränderungen in der Lage der Kontinente, wie sie Lyell annimmt, unmöglich erklären lassen. Verf. übergeht daher die Lyell'sche Ansicht als unwichtig und beschäftigt sich nur mit den beiden anderen Annahmen, welche sich auf die Resultate der Challenger-Expedition stützen.

Er betrachtet zunächst die Tiefseebildungen der Jetztzeit auf Grund hauptsächlich der Challenger-Arbeiten, dann geht er über zu den Tiefseeablagerungen aus älteren geologischen Perioden. Ablagerungen der Pteropodenerde aus früheren Perioden sind nicht bekannt, was um so weniger auffällig ist, da erst aus der Jura- und Kreideformation zweifelhafte Pteropodenreste nachgewiesen sind, und die echten Pteropoden erst im Tertiär vorkommen, wo sie jedoch keine Ablagerungen bilden.

»Nicht viel anders steht es mit der Globigerinenerde, deren grosse Verbreitung in der Jetztzeit die Vermutung nahelegt, dass die Globigerinen auch in früheren Erdperioden eine bedeutende Rolle gespielt haben müssen. Dem ist jedoch nicht so. Allerdings werden viele Ablagerungen als Äquivalentbildungen der Globigerinenerde angeführt, so vor allem die Nummulitenkalke, welche aus jenen ausgestorbenen Riesen unter den Foraminiferen entstanden sind, deren abgestorbene Gehäuse, zu Milliarden zusammengehäuft, mächtige Systeme von Kalksteinen aufgebaut haben. Ihnen schliessen sich die Miliolidenkalke des Pariser Beckens an, aus winzigen Schälchen der Milioliden bestehend. Die weisse Kreide soll ebenfalls der Globigerinenerde entsprechen, zumal bei ihrer Zusammensetzung Foraminiferen, besonders die Textularien, Rotalien und Kokkolithen eine Hauptrolle spielen. Ferner sind nach Neumayr die Fusulinenkalke der Kohlenformation, die Alveolinenkalke des Tertiärs und eine ganze Reihe dichter Kalke, welche in Dünnschliffen die Durchschnitte zahlreicher Foraminiferen zeigen, als Äquivalentbildungen der Globigerinenerde zu betrachten. Trotz der grossen Ähnlichkeit jedoch, welche manche dieser Ablagerungen mit der Globigerinenerde der Jetztzeit haben, ist es sehr zweifelhaft, ob sie wirklich als Parallelbildungen zur Globigerinenerde aufzufassen sind, da nicht Globigerinen, sondern ihnen verwandte Formen in der Zusammensetzung der genannten Gesteine herrschend sind.

Es folgt die Diatomeenerde, welche als Süsswasserbildung bedeutende Ablagerungen hervorgebracht hat, so den Polierschiefer von Bilin in Böhmen, die Kieselgur, das Lager in der Lüneburger Heide u. a. Als marine Ablagerungen der Diatomeenerde aus früheren Perioden werden zwei Bildungen von weiter Verbreitung betrachtet: die Feuersteine und die Kieselschiefer. Erstere, deren Entstehung eine viel umstrittene Frage ist, wurden früher für Kieselschwämme angesehen, welche bei dem Versteinerungsprozesse ihre Form und Struktur verloren haben. Nach neueren Untersuchungen hat sich jedoch gezeigt, dass die Feuersteine aus Diatomeen, Radiolarien, Schwammnadeln und kieseligen Organismen bestehen, so dass also die Feuersteine als ein Äquivalent der Diatomeenerde zu betrachten wären. Dass die Kieselschiefer eine ähnliche Zusammensetzung besitzen, haben die Untersuchungen von Gümbel und Rothpletz erwiesen, welch' letzterer in ihnen kieselige Organismen, Radiolarien, Spongiennadeln u. s. w. gefunden hat. Trotzdem ist es auch bei diesen Bildungen nicht sicher, ob sie wirklich der Diatomeenerde entsprechen, zumal dann die Feuersteine als Produkte der Diatomeenerde schichtenweise in der Kreide als Erzeugnis der Globigerinenerde lägen, was doch sehr seltsam wäre.

Die nun folgende Radiolarienerde ist unzweifelhaft aus früheren Perioden bekannt. Eine Parallelbildung derselben ist vor allen die dem Tertiär angehörende Radiolarienerde von Barbados; ferner gehören einige Bildungen des Unter-Silur in Schottland und gewisse lokale Ablagerungen in der Kreide dahin.«

Was den roten Thon anbelangt, so kommt Verf. zu dem Ergebnisse, dass Schichten aus älteren Formationen, welche eine Parallele zu dem roten Thone der Gegenwart bilden, höchstwahrscheinlich fehlen. Aus allem zieht er den Schluss, dass sich seit unendlich langer Zeit die tiefsten Wannen der Ozeane nicht über die Meeresoberfläche erhoben haben. »Hieraus folgt aber mit Notwendigkeit, dass auch die Umrisse der Festländer in derselben Zeit keine wesentliche Veränderung erlitten haben können. Allerdings finden sich hin und wieder Bildungen von sicher pelagischem Ursprunge, jedoch ist zu berücksichtigen, dass derartige vereinzelt vorkommende Bildungen als lokale Erhebungen des Meeresbodens angesehen werden können, was der vorhin ausgeschlossenen Ansicht von der Beständigkeit der abyssischen Regionen in keiner Weise widerspricht, da die aufgestellte Anschauung lokale Änderungen natürlich nicht in Abrede stellen will und kann.«

Die Abkühlung der Erde und die gebirgsbildenden Kräfte behandelt H. Hergesell in einer mathematischen Abhandlung[1]). Das Abkühlungsproblem, das die Temperaturverteilung im Inneren der Kugel bestimmt, ist schon des öfteren, zuerst von Fourier, behandelt

[1]) Gerland, Beiträge zur Geophysik **2.** p. 153 u. ff.

worden; bei allen diesen Arbeiten war der zeitliche Temperaturverlauf diejenige Erscheinung, die das Hauptinteresse der Verfasser wachrief, und den zu ergründen und festzulegen, alle Künste der Rechnung angewandt wurden.

Die Arbeit Hergesell's beschäftigt sich mit der rechnerischen Festlegung der Temperaturverteilung nicht, hauptsächlich deswegen, weil zur Aufstellung der zu diesem Zwecke notwendigen Formeln Voraussetzungen über die Anfangstemperatur der sich abkühlenden Kugel gemacht werden müssen, die wahrscheinlich nicht mit den Erscheinungen, wie sie wirklich bei Beginn der Abkühlung auftraten, übereinstimmen. In den meisten Arbeiten, die sich auf die innere Temperatur der Erde beziehen, wird die Anfangstemperatur konstant gesetzt. Diese immerhin willkürlichen Voraussetzungen werden in obiger Arbeit nicht gemacht, und deshalb wird von einer Behandlung des eigentlichen Temperaturproblems abgesehen. Die Hauptpunkte der Betrachtung bildet die Grösse und der Sinn der durch die Abkühlung entstehenden Kräfte. Es gelingt, ohne spezielle Voraussetzungen über die Anfangstemperatur und die Temperaturverteilung zu machen, einige allgemeine Gesetze über die Grösse und Verteilung dieser Kräfte zu gewinnen. Insbesondere erweist es sich als möglich, die zeitliche Veränderung dieser Spannungen, die besonders für die Fragen der Gebirgsbildung wichtig ist, durch Formeln wiederzugeben, deren Konstanten durch die Beobachtung des Erdkörpers ermittelt werden können, und die auf diese Weise von jeder beengenden Voraussetzung frei sind. Die Resultate, die Davison, G. H. Darwin und nachher O. Fisher über das Auftreten einer Fläche ohne Spannungsänderung unter Voraussetzung einer konstanten Anfangstemperatur gewonnen haben, treten auch in Hergesell's Ergebnissen, aber in verallgemeinerter Auffassung, auf.

Für das Verhalten der Spannungskräfte in der Richtung des Kugelradius ergiebt sich folgender Satz: »Infolge der Abkühlung erleiden sämtliche Schichten der Kugel eine Kompression in radialem Sinne. Die Kompression ist am stärksten im Mittelpunkte und nimmt ab, je näher sich die Schichten der Erdoberfläche befinden. In der Oberfläche selbst ist die Kompression = 0.«

Ferner: »Die Zugkraft, welche die einzelnen Kugelschichten in der Nähe der Oberfläche im tangentiellen Sinne zu dehnen strebt, nimmt mit zunehmender Tiefe ab. Das Mass der Abnahme ist mit grosser Annäherung proportional der geothermischen Tiefenstufe. Die Zugkraft selbst hat ihren grössten Wert in der Kugeloberfläche.«

»Die Mitteltemperatur einer sich abkühlenden Kugel nimmt mit der Zeit ab. Das Mass der Abnahme ist proportional der an der Oberfläche herrschenden geothermischen Tiefenstufe.«

»Durch die Abkühlung werden die einzelnen Schichten einer Kugel im radialen Sinne komprimiert. Diese Kompression wächst zuerst im Laufe der Abkühlung, erreicht zu einer bestimmten Zeit ihr Maximum und nimmt von da an beständig ab, um schliesslich

nach vollendeter Abkühlung den Wert Null zu erreichen. Der Zeitpunkt, wo in einer bestimmten Schicht das Maximum der Kompression erreicht wird, hängt von der Tiefe dieser Schicht ab. Betrachtet man die Abkühlung in einem beliebigen Zeitpunkte, so existiert in einer bestimmten Tiefe eine Fläche, oberhalb der sämtliche Schichten noch komprimiert werden, aber die Stärke dieses Druckes nimmt im weiteren Verlaufe beständig ab. Unterhalb findet ebenfalls eine Kompression der Schichten statt, dieselbe nimmt im weiteren Verlaufe der Abkühlung noch beständig zu. In der Fläche selbst erleidet die Kompression der Schichten im Laufe der Zeit selbst fürs erste keine Veränderungen.«

»Die Zugkräfte, welche die einzelnen Kugelschichten auseinander zu reissen streben, nehmen in jeder Tiefe im Laufe der Abkühlung zu, erreichen zu einer bestimmten Zeit ihr Maximum und nehmen von da an beständig ab. Dieser Zeitpunkt, in welchem die Maximalspannung eintritt, ist für jede Tiefe verschieden; er liegt um so entfernter, je grösser die Tiefe ist. In einem beliebigen Zeitpunkte der Abkühlung existiert in bestimmter Tiefe eine Fläche, in der die zeitliche Veränderung der Zugkraft = 0 ist. Oberhalb dieser Fläche werden sämtliche Schichten auseinander gezerrt, jedoch nimmt der Wert dieser Zugkraft beständig ab, unterhalb erleiden sämtliche Schichten ebenfalls einen seitlichen Zug; der Wert dieser Zugkraft nimmt jedoch beständig mit der Zeit zu; in der Trennungsfläche selbst tritt mit der Zeit keine Veränderung ein.«

Die Änderung der Volumeinheit, welche durch die Spannungskräfte hervorgerufen wird, die im Inneren der Kugel durch Abkühlung entstehen, ist diejenige Grösse, welche bei der Gebirgsbildung von Bedeutung ist, da sie ein Ausmass für das Material liefert, welches für diesen Prozess seit Beginn der Abkühlung verbraucht ist. Aus den Lehren für die Abkühlung eines grossen Körpers ist bekannt, dass die Wärmeabgabe hauptsächlich in den Oberflächenschichten stattfindet, dass der Kern beinahe vollständig seine Temperatur beibehält.

In sämtlichen Schichten in der Nähe der Kugeloberfläche findet demnach durch die gebirgsbildenden Kräfte eine Ausdehnung der Volumeinheit statt. Das Volum ist stets grösser, als es sein würde, wenn die Kugelschicht frei der Volumänderung durch Abkühlung folgen könnte.

Infolge der gebirgsbildenden Kräfte nimmt indessen die Volumeinheit im Laufe der Zeit zuerst zu, die Dehnung erreicht zu einer bestimmten Zeit ihr Maximum, von diesem Zeitpunkte an nimmt die Volumeinheit im Laufe der Zeit beständig ab.

Schliesslich unternimmt Hergesell die numerische Auswertung einiger seiner Formeln, nämlich derjenigen, in denen die geothermische Tiefenstufe vorkommt, wobei er sich an die Beobachtungen im Bohrloche von Schladebach hält. Gemäss letzteren ist der Abkühlungsprozess unserer Erde bereits so weit vorgeschritten, dass in den

Oberflächenschichten keine wesentliche Änderung der geothermischen Tiefenstufe mehr vorhanden ist; dann findet Hergesell folgende bemerkenswerten Sätze:

»1. Die Änderung der Mitteltemperatur der ganzen Erdkugel ist unter den jetzigen Verhältnissen eine solche, dass dieselbe in einem Jahre um $42 \cdot 10^{-8}$ Grad C., d. h. in hundert Millionen Jahren um 42^0 abnimmt.

2. Die Änderung der Mitteltemperatur der Oberflächenschicht, in der die geothermische Tiefenstufe konstant ist, ist unter den jetzigen Verhältnissen eine solche, dass dieselbe in einem Jahre um $28 \cdot 10^{-8}$ Grad C., d. h. in hundert Millionen Jahren um 28^0 abnimmt.

3. Die seitlichen Zugspannungen, die in den einzelnen Kugelschichten infolge der Abkühlung auftreten, erleiden im Laufe der Zeit Veränderungen. Unter den jetzigen Verhältnissen nehmen diese Zugkräfte ab, und zwar beträgt die Abnahme pro Jahr

$$21 \cdot 10^{-13} \text{ E } kg,$$

wenn E der Elastizitätskoeffizient des Materials ist, das die Oberflächenschicht bildet.

Nehmen wir an, dass dasselbe Eisen ist, so beträgt die Abnahme pro Jahr $42 \cdot 10^{-9}$ *kg* auf den Quadratmillimeter.

Bestehen die Oberflächenschichten aus Sandstein, so ist das Mass der Abnahme der seitlichen Zugkraft pro Jahr:

$$13 \cdot 10^{-10} \; kg \text{ auf den Quadratmillimeter.}$$

Auch die Druckkräfte, welche die einzelnen Kugelschichten in radialem Sinne zusammenzudrücken streben, erleiden eine zeitliche Abnahme. Dieselbe ist jedoch im Vergleiche zur Änderung der seitlichen Spannungen sehr klein und zu vernachlässigen.

4. Die Änderung der Volumeinheit, die infolge des Nachlassens der seitlichen Zugkräfte eintritt, ist unter den jetzigen Verhältnissen des Erdkörpers so beschaffen, dass in einem Jahre eine Verminderung um $\frac{14}{10^{13}}$ eintritt. Eine Oberflächenschicht, die bis zu 3 *km* Tiefe herabreicht, erleidet demnach in einem Jahre eine Volumverminderung von rund 2 000 000 *cbm*.

Wenn wir annehmen können, dass die Fläche, in welcher die Gebirgsbildung ruht, zur Jetztzeit tiefer als 3 *km* liegt, so könnte demnach in jedem Jahre diese Menge an Material zur Gebirgsbildung mindestens verwandt werden.«

Die Fläche, in welcher die Gebirgsbildung in einem bestimmten Momente der Abkühlung ruht, ist, wie Hergesell weiter erläutert, gerade diejenige Fläche, in welcher die seitliche Zugkraft den grössten Wert erreicht, sich aber für den Augenblick selber nicht ändert. »Die Schichten, die unmittelbar über dieser Fläche liegen, haben kurz vorher ihre grösste Streckung erfahren und ändern von jetzt stetig ihr Spannungsverhältnis. Die gestreckten Schichten schrumpfen allmählich zusammen und sind im stande, etwaige durch

die frühere Streckung entstandene Spalten wieder auszufüllen, falls diese nicht durch anderweitiges Material, das durch den Normaldruck emporgepresst wurde, schon ausgefüllt worden sind. Tritt letzterer Fall ein, was wohl am häufigsten sich ereignen wird, so werden die in ihrer Spannung stetig nachlassenden Schichten sich wölben, sie werden Erhebungen, Depressionen, Falten u. s. w. bilden. Unterhalb der Fläche ohne Gebirgsbildung ist ein gewisser Prozess der Gebirgsbildung vorhanden. Die Streckung, welche die Schichten durch die Abkühlung schon erlitten haben, nimmt immer noch mehr zu. Da die seitlichen Zugkräfte höchstwahrscheinlich die Elastizitäts- und Festigkeitsgrenze des Materials der Erdrinde bedeutend übersteigen, so befinden sich alle diese Schichten im Stadium des Zerreissens, der Rissebildung, in allen diesen Schichten wird das innere Material des Erdkörpers durch den nach innen immer kräftiger werdenden Radialdruck in die Spalten und Risse hineingepresst werden. Sinkt die Fläche der ruhenden Gebirgsbildung im Laufe der Zeit tiefer, so werden auch diese Schichten allmählich in das Stadium des kleiner werdenden seitlichen Zugs in den Zustand der Faltungsbildung eingeführt. Es ist ein wichtiger Punkt dieser Auffassung der Gebirgsbildung, dass die gefalteten Schichten, bevor sie in den Zustand der Faltung übergehen, notwendig die Maximalstreckung erfahren haben müssen. Es ist dies ein Prozess, der nicht nur durch die Spaltenbildung ausgezeichnet ist, sondern, da die Elastizitätsgrenzen überschritten werden, vor allen Dingen in hohem Grade geeignet erscheint, dem gebirgsbildenden Materiale jenen eigentümlichen Zustand latenten Flüssigseins zu verleihen, der nach neueren Untersuchungen in jedem gebirgsbildenden Materiale anzunehmen ist.

Die Lage der Fläche ohne Gebirgsbildung ist also in dieser Auffassung keine untere Grenze für die Gebirgsbildung, sondern nur die Grenzfläche für zwei verschiedene Thätigkeiten der gebirgsbildenden Kraft, die stets zu gleicher Zeit, die eine tiefer, die andere höher, thätig sind. Die tiefere arbeitet der in höheren Schichten wirkenden stetig vor, sie präpariert gewissermassen das Material für die Falten, die später oberhalb der Fläche ohne Gebirgsbildung entstehen sollen.«

Die Theorien der Gebirgsbildung wurden von J. Le Conte beleuchtet[1]), wobei er der Kontraktionstheorie den Vorzug eingesteht. Jedenfalls ist seine Ansicht, dass die Erde als Ganzes gegenüber rasch wirkenden Kräften als starr, gegenüber langsam wirkenden als elastisch zu betrachten sei, sehr begründet, aber freilich nicht neu. Dass die Kontraktion nur die obere Krustenschicht treffen könne, unter derselben aber ein Niveau ohne Zug und Schub liege, bezweifelt Le Conte, indessen sind seine Gründe hierfür nicht gerade stichhaltig.

---

[1]) Journal of Geologie 1893. 1. p. 543.

Die Frage nach neueren Veränderungen der Erdoberfläche in den Alpen ist von J. B. Messerschmitt auf Grundlage der geodätischen Messungen in der Schweiz behandelt worden[1]).

Die ersten genauen Vermessungen in der Schweiz stammen aus dem Anfange dieses Jahrhunderts. Als es sich dann in den sechziger Jahren auf Anregung des Generals J. J. Baeyer darum handelte, die in den verschiedenen Staaten Europas ausgeführten geodätischen Arbeiten miteinander zu verbinden, kam die schweizerische geodätische Kommission nach einigen Versuchen zu dem Resultate, dass nur eine vollständige Neumessung eines Dreiecksnetzes die genügende Gewähr bieten könne, die für die verlangten Zwecke passenden Ergebnisse zu erhalten. H. H. Denzler entwarf hierzu ein neues Dreiecksnetz, welches gegenüber dem alten Netze einen wesentlichen Fortschritt bezeichnet und besonders den Alpenübergang aus lauter zugänglichen Punkten herstellte, so dass in sämtlichen Dreiecken alle drei Winkel gemessen werden konnten. Die Ausführung der Messung gelang allerdings nicht so rasch, wie man geglaubt hatte, und wie es erwünscht gewesen wäre, teils infolge äusserer Umstände, teils aber auch wegen der Art, wie die Beobachtungen ausgeführt wurden.

Die beiden Vermessungen, die neueren der schweizerischen geodätischen Kommission und die älteren von Eschmann bearbeiteten, sind es nun, welche zum Vergleiche miteinander vorliegen. Die letzteren sind in dem Zeitraume von 1811 bis 1836, aus mehrfachen Einzelteilen zusammengesetzt, die ersteren von 1864 bis 1879 ausgeführt. Es muss aber angeführt werden, dass, abgesehen von dem verschiedenen Genauigkeitsgrade beider Messungen, leider nur eine geringe Zahl von Punkten (auch gleichnamigen) die nämlichen sind, was hauptsächlich darauf zurückzuführen ist, dass bei den älteren Messungen nur mangelhafte oder auch gar keine Versicherungen der Signale ausgeführt wurden und sie so, bei der mutwilligen oder böswilligen Zerstörung oder Veränderung derselben, nicht immer wieder mit der nötigen Genauigkeit hergestellt werden konnten. Trotz dieser beiden Mängel lassen sich aber doch einige ganz brauchbare Resultate ableiten, und das Resultat der Vergleichungen der trigonometrischen Vermessungen ergiebt:

Nachweisbare Veränderungen in der Erdkruste zwischen dem schweizerischen Jura und den Voralpen haben in dem Zeitraume zwischen diesen beiden Messungen (also etwa einem halben Jahrhunderte) nicht stattgefunden.

Dieses Ergebnis widerspricht einer Mitteilung von Prof. A. Heim, nach welcher schon heute die durch zahlreiche Erdbebenstösse entstandenen dauernden Verschiebungen in der Erdrinde durch topographische Messungen erkennbar und so z. B. die Lägern dem Rigi und Napf in dem Zeitraume zwischen den beiden letzten Vermessungen von etwas über 30 Jahren um ca. 1 *m* näher gerückt

[1]) Jahresber. der phys. Ges. in Zürich 1892. Gaea 1894. p. 66 u. ff.

seien. Diese Angabe wurde seinerzeit aus den noch unvollständig reduzierten neuen Messungen abgeleitet, hat sich aber nicht bestätigt.

Genaue Höhenmessungen stammen erst aus der neueren Zeit, seitdem man angefangen hat, die Höhen durch Nivellements zu ermitteln. Das erste dieser genauen Nivellements wurde von Bourdaloue[1]) in Frankreich in den fünfziger Jahren durchgeführt. Angeregt durch die grosse Genauigkeit, welche hierbei verlangt wurde, haben fast alle europäischen Staaten sogenannte Präzisionsnivellements ausgeführt, deren Resultate sowohl für die allgemeine Erdmessung, also für die Geodäsie, als auch für die Geologie von Wichtigkeit sind.

Während man aus den älteren Messungen ziemlich grosse Unterschiede, bis zu 1 *m*, zwischen den Mittelwassern der einzelnen Meere, ja an der Küste desselben Meeres fand, haben die neueren Messungen, wie Ch. Lallemand zuerst zeigte, die Differenzen auf wenige Zentimeter verringert.

Diese Resultate sind durch die neuesten Untersuchungen des Zentralbureaus der internationalen Erdmessung im wesentlichen bestätigt worden. Es wurden nämlich 48 Nivellementspolygone in Zentral- und Westeuropa zu einem Netze vereinigt und ausgeglichen. Hieraus wurde die Höhe der nördlichen Meere über den südlichen Meeren zu + 13.4 *cm* gefunden mit einem mittleren Fehler von ± 8 *cm*. Ein ähnliches Resultat wurde gefunden, wenn man diesen Unterschied aus einem Teile dieser Polygone (westliche und östliche Hälfte) ableitete. Die Unsicherheit des gefundenen Höhenunterschiedes ist so gross, dass man ihn kaum als reell ansehen kann.

Für den Nullpunkt der schweizerischen Höhenmessungen, die Pierre du Niton in Genf, findet man danach als Höhe über dem Mittelwasser in Marseille

I.	Ausgleichung	373.739 *m*
II.	»	783 »
III.	»	671 »

mit einem mittleren Fehler von ± 6 *cm*, wobei der erste Wert, welcher aus allen 41 Polygonen abgeleitet ist, den Vorzug vor den beiden anderen verdient.

Seit 1884 wird in Frankreich ein neues Präzisionsnivellement ausgeführt. Ch. Lallemand verglich die neuen Nivellementsergebnisse mit den alten, von Bourdaloue in den Jahren 1857 bis 1863 erhaltenen Werten und glaubte, zwischen beiden ganz systematische Unterschiede zu finden, welche von Süden nach Norden zunehmen (von Marseille bis Lille) und an letzterem Orte gegen 80 *cm* erreichen[2]). Nach neueren Berichten scheint man aber anderer Ansicht geworden zu sein und das alte Präzisionsnivellement für zu ungenau zu betrachten, als dass man dergleichen Schlüsse ziehen könne.

---

[1]) Nivellement général de la France. Bourges 1864.

[2]) Verhandlungen der Konferenz der permanenten Kommission der internationalen Erdmessung in Salzburg 1888.

In der Schweiz wurde im Jahre 1865 von der geodätischen Kommission ein Präzisionsnivellement begonnen, das seitdem die wichtigsten Routen überspannt. Man kann sich fragen, ob Veränderungen in der Lage der schweizerischen Höhenmarken bemerkbar sind. Das zusammengestellte brauchbare Material ist allerdings noch sehr gering.

Die Unterschiede zwischen den zu verschiedenen Zeiten stattgefundenen Nivellements sind nicht sehr gross und können wohl aus den unvermeidlichen Beobachtungsfehlern u. s. w. erklärt werden.

Wir können somit als Resultat dieser Vergleichungen sagen, dass aus den bis jetzt vorhandenen Höhenmessungen in der Schweiz keine Änderungen nachgewiesen werden können.

Astronomische Beobachtungen. Legt man über einen Teil der Erdoberfläche ein Dreiecksnetz, bestimmt dann auf einem Punkte desselben die geographischen Koordinaten auf astronomischem Wege, so kann man, von ihm ausgehend, sie für alle anderen Punkte des Netzes berechnen. Dabei muss für die Figur der Erde eine bestimmte Annahme gemacht werden, wozu man gewöhnlich das Bessel'sche Ellipsoid oder das Clarke'sche Sphäroid benutzt, welche beide sich am besten der Erdgestalt anschmiegen. Bestimmt man nun auf allen Punkten des Dreiecksnetzes astronomisch die geographischen Breiten und Längen, so stimmen diese nicht immer mit den berechneten (geodätischen) überein. Den Unterschied beider pflegt man als Lotabweichungen zu bezeichnen.

Die bis jetzt ausgeführten astronomischen Beobachtungen in der Nord- und Westschweiz haben ein deutliches Anziehen des Lotes senkrecht zu der betreffenden Gebirgsrichtung ergeben, wie sie aus der sichtbaren Masse etwa zu erwarten waren[1]). Auch konnte bereits aus diesen Messungen der Versuch gemacht werden, den beiläufigen Verlauf des Geoids unter dem in betracht gezogenen Alpengebiete zu bestimmen. Demzufolge erhebt sich dieses im Jura etwa 1 *m*, in den Voralpen bis zu 1.3 *m* über das Ellipsoid. Wäre beispielsweise, um ein bekanntes Beispiel anzuwenden, längs dem durch Neuenburg gehenden Meridiane ein Wasserkanal gezogen, so würde das Wasser in demselben im Jura um etwa 1 *m*, in der Gegend des Rhonethales um etwa 1.5 *m* höher stehen, als es in den mittleren Teilen desselben stehen würde, oder als es stehen würde, wenn die beiden Gebirge nicht vorhanden wären.

Die Denudation im Gebiete der Kander. Dieser Fluss mündete bis 1714 unterhalb des Thuner Sees in die Aar, damals

---

[1]) Vergl. Messerschmitt: Über einige Lotstörungen in der Westschweiz. 4. Jahresbericht der physik. Gesellschaft in Zürich 1890. Die definitiven Resultate erscheinen demnächst im 6. Bande des »Schweizerischen Dreiecksnetzes«.

aber wurde der Moränenwall zwischen ihr und dem See durchstochen und sie in letzteren abgeleitet. Seitdem begannen die Kander und ihr Nebenfluss Simme ihre Betten beträchtlich zu vertiefen, und unter den Moränen kam eine seewärts fallende Nagelfluh zutage. Nach E. Zollinger[1]) ist der grösste Teil der letzteren als Delta der Simme zu betrachten, während das alte Kanderdelta bei Faulensee am Thuner See zu suchen ist. Die Nagelfluh ist interglazial, wie die unter ihr liegenden Moränen beweisen, und Zollinger schätzt ihre Bildungszeit auf 3000 Jahre. Nach Th. Steck[2]) hat die Kander seit 1714 dem Thuner See 56 760 000 *cbm* Detritus zugeführt, darunter aber 10 000 000 *cbm* Erosionsmaterial aus ihrem und dem Bette der Simme, der Rest entstammt dem Einzugsgebiete der Kander. Dieser Detritus bildet ein Delta, aber ausser ihm muss noch Schlamm dem See selbst zugekommen sein, dessen Volum auf $^1/_8$ desjenigen des Deltas veranschlagt wird. Nach diesen Daten berechnet Steck die Dauer der Abtragung einer 1 *m* mächtigen Gesteinsschicht des Kandergebietes (welches 1073 *qkm* umfasst) auf 2625 Jahre oder unter Berücksichtigung der im Wasser gelösten Substanzen auf 2203 Jahre. Nach Heim würden diese Zahlen für das Reussgebiet 4125, resp. 3333 sein. Unter Voraussetzung, dass der für das Kandergebiet ermittelte Wert auch für das Lütschinegebiet gilt, ergiebt sich für das Alter des Deltas, welches den Thuner und Brienzer See trennt, der Zeitraum von etwa 20 000 Jahren. Unter Zugrundelegung der für das Reussgebiet gefundenen Zahlen ergiebt sich das Alter der von der Aar in den Brienzer See unterhalb Meiringen geführten Anschwemmungen zu 14—15 000 Jahre.

Die Bodensenkungen in Eisleben. Seit September 1892 zeigten sich in der Zeisingstrasse an einigen Häusern Risse, 1893 nahmen dieselben zu, und gegenwärtig ist eine Anzahl von Häusern unbewohnbar. Bis zu Anfang 1894 hatte die absolute Senkung 24 *cm* erreicht. Nach W. Ule[3]) hat man es hier mit einer Senkung zu thun, deren Ursprung in grösserer Tiefe sitzt, von welcher also die unterteufenden Gesteinsschichten in ziemlicher Mächtigkeit mit betroffen sind. »Es vollzieht sich hier eine Erscheinung, die im Laufe der Erdgeschichte in diesen Gegenden schon wiederholt eingetreten sein muss. Denn die Buntsandsteinschichten zeigen sich in dem Mansfelder Gebiete vielfach gebogen und geknickt, was nach Credner durch Auswaschungen im unterlagernden Zechsteine verursacht sein soll. Hiernach würde also die gegenwärtige Katastrophe bewirkt sein durch einen infolge beträchtlicher Auswaschungen des Zechsteines hervorgerufenen Schlotteneinbruch.«

---

[1]) Zwei Flussverschiebungen im Berner Oberlande. Basel 1892.
[2]) XI. Jahresber. der Geographischen Gesellschaft zu Bern. p. 181 u. ff.
[3]) Zeitschrift für praktische Geologie 1894. Heft 2. p. 57.

Die Karstlandschaft in Montenegro schildert auf Grund eigener Bereisung K. Hassert[1]).

»Die ausgedörrte Einöde schmachtet unter glühender Tageshitze, empfindlicher Nachtkühle und ist durch ihren drückenden Wassermangel verrufen, so dass zahlreiche Lieder die wenigen Quellen verherrlichen, und blutige Kämpfe um ihren Besitz entbrannten. Man muss sich meist mit Zisternen behelfen, die nicht gerade praktisch angelegt sind und warmes, schmutziges Wasser enthalten, und das gegen 50 *qkm* grosse Becken von Nikšić ist das einzige, das durch seinen Wasserreichtum ausgezeichnet und wegen seiner merkwürdigen hydrographischen Verhältnisse erwähnenswert ist. Fast sämtliche in dasselbe einmündende Flüsse verschwinden nämlich im Boden, kommen zwischen Geröllen wieder hervor und vereinigen sich zur Zeta, die abermals in einen Schlund stürzt und jenseits eines breiten Bergrückens als ergiebiger Strom oberirdisch weiter fliesst. Am Westrande liegen ferner zwei periodische Seen, die nur vom Herbste bis zum Frühlinge eine zusammenhängende Wasserfläche besitzen, sonst aber zu einem ungesunden Sumpflande zusammenschrumpfen

Einige Mannigfaltigkeit trägt höchstens die Karstflora zur Schau, doch auch sie vermag die Wüstenhaftigkeit des Untergrundes nie ganz zu verwischen. Der blumige Rasenteppich, der im Frühlinge die Plateaus überzieht und das Auge angenehm erfreut, vertrocknet sehr bald unter den sengenden Sonnenstrahlen, und es macht einen unbeschreiblich traurigen Eindruck, wenn man stundenlang durch solche Gegenden wandern muss, in denen der anstehende Kalk notdürftig durch eine dünne, fahlgelbe Grasnarbe verhüllt wird.

Noch weiter verbreitet als diese kümmerlichen Hutweiden ist der für den Karst so charakteristische Buschwald, aus dessen ästigem Gesträuche nur selten einzelne Bäume höher emporragen. Früher besass auch er nicht die Ausdehnung wie jetzt, sondern statt seiner grünte ein hochstämmiger Buchen- und Fichtenurwald, der bis auf spärliche Reste verschwunden ist. Zwar muss man in manchen Bezirken wegen des mangelnden Heues die jungen Zweige als Viehfutter benutzen; allein anderseits legten die Türken an der Grenze den Wald absichtlich nieder, um sich vor den Überfällen der unruhigen Eingeborenen zu sichern, und in den fast ganz abgeholzten Duga-Pässen liegen überall die ausgetrockneten Stämme herum. Endlich vergeudeten die Crnogorcen selbst das Holz in der sinnlosesten Weise, so dass Stürme und Regengüsse das lockere Erdreich ungehindert forttragen konnten und fruchtbare Gebiete binnen kurzer Zeit in eine trostlose Einöde verwandelten. Vor 200 Jahren besass die Sinjavina Planina einen zusammenhängenden Hochwald und dauernd besiedelte Ortschaften. Mit dem Verschwinden der Bäume und der Bodenkrume verminderte sich jedoch der Pflanzenwuchs, und schliesslich waren die Bewohner gezwungen, die ertraglosen Hochebenen zu verlassen. So gras- und holzarm sind die weiten Fluren geworden, dass sie nur während des kurzen Sommers als kärgliche Viehweide Nutzen haben, und dass man die unmöglichsten Stoffe zur Feuerung verwenden muss.

So ist der Karst heute eine unwirtliche Steinwüste, die als anmutige Oasen die geschützten und meist wohlbebauten Kesselthäler in ihrem Schosse birgt. Der müde Wanderer begrüsst sie stets als hochwillkommene Ruhepunkte, und lange bleibt ihr freundliches Bild in seiner Erinnerung lebendig.

Allein der Karst umschliesst auch grossartige Thal- und Hochgebirgslandschaften, die nur deshalb unbekannt blieben, weil sie einem der wildesten und wegen seiner vermeintlichen Unsicherheit verrufenen Teile Europas angehören. Schauerliche Cañons, ein würdiges Gegenstück zu den berühmten Erosionsschluchten des nordamerikanischen Colorado, durch-

[1]) Abhandl. d. Ges. f. Erdkunde in Berlin 1894. p. 117. u. ff.

ziehen die verkarsteten Provinzen des Fürstentums und bilden ein unliebsames Verkehrshindernis. An wenigen Stellen der fast senkrechten Wände führen steile, gewundene Pfade in die Tiefe, die bloss dem reissenden, eingeengten Bergstrome und zuweilen noch einem schmalen Fusssteige Raum gewährt, während sie bei Hochwasser gänzlich unpassierbar sind. Ein stundenlanger, ermüdender Auf- und Abstieg ist notwendig, um einen in Luftlinie kaum 2 *km* betragenden Weg zurückzulegen, und in drei Tagen kam ich sehr langsam vorwärts, weil ich fünfmal die 400 bis 800 *m* tiefen Rinnen der Piva und ihrer Zuflüsse durchqueren musste. Daher gebrauchen die Umwohner ein ebenso einfaches als praktisches Mittel, um sich hinüber und herüber zu verständigen, indem sie mit lauter, gedehnter Stimme einander zurufen und so einen lebenden Telegraphen darstellen. Durch beständige Übung haben sie sich eine solche Fertigkeit angeeignet, dass ihr langgezogener Schrei auf weite Entfernungen vernehmbar ist, und auf diese Weise wurde eine Gerichtsverhandlung, die bei meiner Anwesenheit in dem Dorfe Kuliči abgehalten werden sollte, in kurzer Zeit bekannt gegeben.

Die Cañons stellen eine natürliche Grenze dar, und die unzugängliche Schlucht der unteren Tara wurde ihrer ganzen Länge nach als Scheide zwischen Montenegro und dem Sandžak Novipazar bestimmt.«

Die Karsterscheinungen sind von Prof. Dr. Jovan Cvijić[1]) in einer morphologischen Monographie sehr ausführlich behandelt worden. Karren, Dolinen, geologische Orgeln, Poljen, die Karstflüsse und die Karstthäler, besondere Küstenerscheinungen und zum Teile auch die Höhlenbildungen hat Prof. Cvijić eingehend studiert; er hat die Bedingungen für die gleiche oder verschiedene Gestalt der einzelnen Formen in den verschiedenen Gebieten erforscht und der Frage nach ihrer Entstehung neue Seiten abgewonnen. — Das Werden einer Doline und der ihr ähnlichen Bildungen schildert Prof. Cvijić folgendermassen:

»Durch verschiedene Vorgänge, insbesondere durch Abwechselung von Erwärmung und Abkühlung und durch chemische Verwitterung bilden sich im Kalksteine vertikale und horizontale Fugen und Klüfte, in welche das Wasser einsickert, und welche es, da es direkt oder indirekt durch seinen Kohlensäuregehalt den Kalk lösen kann, zu Röhren erweitert. Diese in die Tiefe führenden Röhren schlucken das auf die Oberfläche des Kalkes fallende und auf derselben fliessende Wasser auf und werden sohin Endpunkte von dessen oberflächlicher, abspülender und erodierender Thätigkeit, so dass alle diese Vorgänge hier aufhören. Während in anderen impermeablen Gebieten durch Abspülung und Erosion eine Abdachung bis zum Meere hin geschaffen wird, endet hier die Abdachung an der entstandenen Schlundfuge. Der Eingang der letzteren wird durch die verschiedenartige Thätigkeit des oberflächlichen Wassers erweitert und trichterförmig ausgestaltet. Das ist die normale Doline. Je reicher nun die Gegend an Verwitterungslehm ist, desto mehr wird der entstandene Trichter ausgefüllt, ja er verschwindet, und dann

[1]) Das Karstphänomen. Geogr. Abhandlung., herausgeg. von Prof. Dr. Albrecht Penck in Wien 1893. 5. Heft 3.

liegt die geologische Orgel vor. Das ist nicht die einzige Möglichkei der Dolinenbildung. Das Wasser vermag den Kalk auch unter einer Bedeckung mit fremdem Materiale anzugreifen, und es kann rings um den Eingang einer Schlundröhre der Kalk gelöst werden; dann sinkt das Hangende nach, und so entstehen die geologischen Orgeln mit fremder Ausfüllung oder, wenn das nachsinkende Material weniger voluminös ist als das gelöste, Dolinen mit fremder Ausfüllung. Beide Möglichkeiten dürften sich auch vielfach kombinieren, indem eine Doline erst durch oberflächliche Thätigkeit des Wassers angelegt und dann durch Lösung unter der hineingespülten Lehmdecke weiter wächst.«

Besondere Berücksichtigung haben die in Bosnien und der Herzegovina typisch entwickelten Poljen gefunden. Diese sind grosse, flache, breitsohlige Karstwannen mit unterirdischer Be- und Entwässerung. Sie haben gewöhnlich längliche Form mit einer dem Schichtstreichen parallelen Längserstreckung und besitzen eine scharf ausgesprochene Bodenfläche, welche deutlich von den steil geböschten Gehängen absetzt. Es giebt welche von über 300 *qkm* Ausdehnung. Prof. Cvijić unterscheidet der Entstehung nach theoretisch drei Typen:

»1. Echte Mulden- und Grabenpoljen. Treten Krustenbewegungen, relative Hebungen und Senkungen in Karstgebieten ein, so versiegen in allen gehobenen Gebieten die Flüsse und das Spülwasser wegen der Permeabilität, und es entstehen ungehindert durch die Erosion rein tektonische Wannenformen, wie Synklinal- oder Muldenpoljen; so können auch Grabenpoljen entstehen.

2. Abriegelungspoljen. Durch die Hebung des Landes im unteren Laufe eines Flusses wird die untere Abdachung, nämlich die eines Flussthales mit gleichsinnigem Gefälle, durch einen Querriegel abgeschlossen, da der Karstfluss, dessen Wasser in Sauglöchern und Ponoren versiegt, eine sich hebende Scholle nicht durchsägen kann. Solche Poljen stellen also eine abgeriegelte normale Abdachung dar und sind daher halb tektonischen, halb erosiven Ursprungs.

3. Aufbruchspoljen. Dieselben sind ihrer Entstehung nach mit der Bildung der Aufbruchthäler wie des Weald und mancher Längsthäler der nördlichen Kalkalpen, analog. Bei der Bildung der normalen Aufbruchsthäler wird die Antiklinale abgetragen und unter einem härteren ein leicht zerstörbares Gestein (die Sandsteine des Weald, die Werfener Schiefer der ostalpinen Aufbruchsthäler) angeschnitten. Der Schichtsattel wird in ein Thal umgewandelt, es entwickeln sich grosse Längsthäler. In Karstgebieten nun versiegen die Flüsse, welche sich an der Abtragung des Sattels beteiligen, und es bilden sich keine normalen Thäler, sondern abgeschlossene Hohlformen oder Poljen. Die dislocierten Bodenschichten der Poljen von Bosnien und der Herzegovina beweisen, dass nach der Bildung

der Poljen die tektonischen Bewegungen fortdauerten, und diese können die bereits entstandenen Poljen stark verändert, namentlich erweitert und vertieft haben. Die Poljebildung ist also eine Längsthalbildung, modifiziert dadurch, dass das Wasser, welches erodierte und denudierte, in seinem Verlaufe versiegte.«

Was das Vorkommen der Karstphänomene betrifft, so finden sie sich in Kalksteinen aller geologischen Formationen, in ihrer Entwickelung hängen sie indessen namentlich von drei Faktoren ab. Erstens wird die Verkarstung umsomehr begünstigt, je reiner der Kalkstein ist. Diese Bedingung ist besonders gut erfüllt im Gebiete von Krain, dem adriatischen Karste, der westlichen Hälfte der Balkanhalbinsel mit dem Peloponnes, Ostserbien, Südfrankreich, dem Frankenjura, auf dem Plateau des Čatirdagh, auf der Krim, im Karstgebiete von Lykien, des Libanon und Antilibanon, auch auf Jamaika. Thonige und mergelige Kalksteine zeigen dagegen Karsterscheinungen nur unvollkommen, wie im mährischen Devongebiete und im russischen Carbongebiete im Gouvernement Tula. Zweitens treten sämtliche typischen Karsterscheinungen zusammen nur in gestörten Schichten auf, und zwar sind es die Poljen, welche in horizontal gelagerten Kalken gewöhnlich fehlen. Indessen ist bei der weiten Verbreitung der Karstphänomene, mit Ausnahme der Poljen, auch in ungestörten Gebieten (Causses der Cevennen, Irland, Ostseeprovinzen, Malta, Sahara, Syrien, Palästina u. s. w.), das Karstphänomen in seiner Gesamtheit nicht auf tektonische Bewegungen zurückzuführen. Gestörte Schichten, somit die Gesamtheit der Karsterscheinungen, finden sich im ganzen Dinarischen Bogen von Laibach bis zum Peloponnes, im taurischen Faltengebirge, insbesondere in Lykien, sowie auf Jamaika. Drittens wird der Verkarstung Vorschub geleistet durch periodische Regenfälle. So sind die Karsterscheinungen im adriatischen Gebiete mit seinen Herbst-, insbesondere Oktoberregen viel intensiver ausgeprägt, als in den regenarmen griechischen Karstgegenden, welche beide sonst ähnlichen inneren Bau zeigen.

Gestalt und Relief der Pyrenäen. F. Schrader und E. de Margerie machen interessante Mitteilungen über die allgemeinen geographischen und tektonischen Verhältnisse der Pyrenäen, als Ergänzung ihrer früheren geologischen Mitteilungen über dieses Gebirge [1]). In den von ihnen angenommenen Grenzen geben sie den Flächeninhalt des Gebirges zu 55380 *qkm*, den kubischen Inhalt zu 66000 *ckm*, die mittlere Höhe des Kammes zu 1195 *m* an. Würde die ganze Masse der Pyrenäen gleichzeitig über Frankreichs Boden ausgebreitet, so würde dessen mittlere Höhe dadurch um 102 *m* vermehrt werden.

[1]) Aperçu de la forme et relief des Pyrénées Paris 1893.

Die Steppen des südlichen Russland schildert A. Krasnow[1]). Die Begriffe Wüste und Steppe definiert er in folgender Art: »Wüsten sind baumlose Landstriche in so trockenem Klima, dass Bäume nur an den Flussufern gedeihen können, in denen man Getreide nur bei künstlicher Bewässerung bauen kann, in denen endlich alle einheimischen Gewächse ihrer ganzen Organisation nach an grösste Trockenheit des Klimas und des Bodens gewöhnt sind; Steppen dagegen sind mit Gräsern und Kräutern bedeckte Ebenen, in denen man auch ohne künstliche Bewässerung Getreide bauen kann, in denen die klimatischen Verhältnisse für den Baumwuchs ebenso günstig sind, wie für den Graswuchs, in denen die einheimischen Gewächse keine besondere Organisation besitzen, in denen aber aus später zu entwickelnden Gründen Baumwuchs sich nur an den Flussläufen oder an Stellen findet, wo er durch Menschenhand hervorgerufen wurde.«

In das Gebiet der südrussischen Steppen rechnet der Verfasser das Gebiet nördlich vom Schwarzen Meere, ausschliesslich der eigentlichen Küstenzone, bis zu einer Linie über Kiew, Tschernigoff, Orel, Tula, Riazan, Tamboff, Nischni-Nowgorod, Kasan, Vialka, Perm; die Ostgrenze bilden das Uralgebirge und die Salzwüsten um Astrachan, im Westen erstrecken sich die Steppen bis an die Karpathen und nördlich der Donau fast bis zum Eisernen Thore. Dieses ganze Gebiet ist charakterisiert durch das Tschernosem, die Schwarzerde, die Krasnow als typischen Steppenboden ansieht, und welche die grosse Fruchtbarkeit des südlichen Russland bedingt. Unter der Schwarzerde finden sich in den nördlichen Teilen lössartige Bildungen, welche wiederum Glazialablagerungen mit nordischem Geschiebemateriale verdecken, im Süden thonige Süsswasserbildungen und im Osten und Südosten Niederschläge eines Quartärmeeres. Die heutigen Niveauverschiedenheiten sind, mit Ausnahme einiger inselartig aufragender Teile, erst in relativ junger Zeit durch die Flüsse hervorgerufen worden, und ihre Bildung dauert auch gegenwärtig noch fort. Die heutige Grenze des Steppengebietes gegen das Waldgebiet Zentralrusslands ist keine klimatische Grenze, ebensowenig ist sie durch die Bodenbeschaffenheit bedingt oder gar durch ein allmähliches Vorrücken des Waldes gegen die Steppe. Baumwuchs findet sich innerhalb des Steppengebietes nur in den Flussthälern oder auf kupiertem Terrain. Die allgemeine Baumlosigkeit ist auf folgende Ursachen zurückzuführen. Im Frühlinge ist die Sonne den über die Steppe verstreuten Bäumen, besonders den jungen, sehr schädlich, weil im März und April der Boden trotz der heissen Sonnenstrahlen gefroren bleibt. Die Schneestürme verursachen grossen Schaden, indem alleinstehende Bäume unter der Schneelast zusammenbrechen. Die Schwarzerde ist in natürlichem Zustande für Wasser schwer durch-

[1]) Annales de Géographie 3. Heft 3, daraus Referat von G. Maas in Potonié's Wochenschrift 1894. p. 283, woraus der obige Text.

lässig; das Regenwasser verdunstet deshalb, ohne den Wurzeln zu gute zu kommen. Baumwuchs fehlt also, weil sich junge Bäume nicht erhalten können. Auf kupiertem Terrain dagegen finden die Bäume besseren Schutz gegen die Stürme; die Schneedecke hält sich länger; das Wasser kann langsam in den Boden eindringen; der Boden ist wegen grösserer Nähe des Grundwassers an sich feuchter; die Zirkulation des Wassers entfernt die schädlichen Salze.

Nach den Höhenunterschieden und den dadurch bedingten Bewässerungsverhältnissen teilt Krasnow die Steppen ein in primäre und sekundäre. Er versteht dabei unter primären Steppen jene einförmigen Ebenen, in denen sich zahlreiche Sümpfe und Salzsümpfe, aber nur wenige unbedeutende Erhebungen finden. Sekundäre Steppen dagegen besitzen kupiertes Terrain und tief eingeschnittene Flussthäler und nehmen stets die höheren Gebiete ein, weshalb ihnen ein relativ höheres Alter zugeschrieben wird.

Durch Vergleichung der Floren der primären und sekundären Steppen kommt der Verfasser zu folgenden Schlüssen. Die Flora der primären Steppen ist die ärmste der russischen Steppen; sie enthält keine einheimischen und für die Steppe charakteristischen Formen. Die Flora der sekundären Steppen ist dagegen sehr mannigfaltig und zeigt in den verschiedenen Teilen des Gebietes auffallende Unterschiede, die auf klimatische Verhältnisse zurückzuführen sind. Die reichste Steppenflora findet sich in den Gouvernements Charkow, Jekaterinoslaw, den südlichen Teilen des Gouvernements Simbirsk, Saratow und Podolien, also in den Gebieten grösster Meereshöhe, wo sich die Steppen- und Waldfloren gemischt finden. Von NW gegen SO nimmt in den Steppengebieten die mittlere Niederschlagsmenge ab, und in gleichem Masse ziehen sich die Bäume in die Flussthäler zurück, bis sie im Gouvernement Astrachan völlig aus der Ebene verschwinden. Ebenso macht hier die Steppenflora der Wüstenflora Platz. Die Flora der eigentlichen Schwarzerdesteppe besteht vorzugsweise aus lebhaft gefärbten Arten aus den Familien der Ranunculaceen, Coniferen, Linaceen, Caryophyllinen, Malvaceen, Papilionaceen, Umbelliferen, Compositeen, Dipsacaceen, Boragineen, Scrophulariaceen, Labiaten, Liliaceen, Euphorbiaceen und Gramineen. Nach SO hin ziehen sich mit zunehmender Trockenheit die meisten Formen in die Thäler zurück, und es gewinnen die Gräser die Oberhand, welche die grosse Einförmigkeit der Steppe hervorrufen, die nun einem vom Winde bewegten Meere gleicht; von Dicotyledonen finden sich nur noch einige Arten wie Astragalus, Onosma, Dianthus campestris und Iris. Die Grenze dieser Vegetation bilden die Ergeny-Hügel im Westen von Astrachan, der frühere Uferrand des Kaspischen Meeres, bei denen das Gebiet der Salzwüste beginnt, mit ihrer aus Wermutkraut und anderen einjährigen Pflanzen bestehenden Flora; nur einzelne aus diesem Gebiete inselartig aufragende Punkte zeigen noch die letzten Reste der Steppenflora.

Auf Grund der Verteilung der Steppenflora wendet sich Krasnow gegen die weitverbreitete Annahme, dass die für die Steppe charakteristischen Pflanzenformen, die sich zum grossen Teile auch in anderen Gebieten Europas und Asiens finden, von dort in die Steppe eingewandert seien; besonders will er nicht den Kaukasus und die Krim als Heimat der Steppenflora ansehen, da die meisten Formen gerade in den diesen Gebieten vorgelagerten primären Steppen fehlen.

Das Hochland von Pamir ist in bezug auf seine geophysikalischen Verhältnisse von Dr. Sven Hedin durchforscht und geschildert worden[1]). Er unterscheidet auf diesem Hochlande ein abflussloses Gebiet, in welchem das Wasser zum See Kara-kul fliesst, und peripherische Gebiete, in denen die Auswässerung zum Amu-darja und zum Tarim geschieht. Dazu kommt noch ein kleines abflussloses Gebiet in der unmittelbaren Umgebung der Zwillingsseen Schor-kul und Rang-kul. Ein grosser Teil des erstgenannten zentralen Beckens wird vom Salzsee Kara-kul selbst eingenommen, welcher von einer Menge temporärer Bäche der Randgebirge gespeist wird, die ihrerseits dem Schmelzwasser des Schnees oder dem Tribut zahlreicher Quellen ihre Existenz verdanken; in derselben Weise wird der Süsswassersee Rang-kul gespeist. Die abflusslosen Gebiete im allgemeinen bekommen ihre am meisten prägnanten Charakterzüge durch die ununterbrochene Nivellierungsarbeit, die in ihnen vor sich geht und darin besteht, dass sämtliche Produkte der Zersetzung und Erosion und des mechanischen Transports im wesentlichen von den Rändern gegen die tieferen Teile der Depression getragen werden, um sich dort abzusetzen und die Unebenheiten des Geländes auszugleichen. Obgleich dies auch im Kara-kul-Gebiete der Fall ist, sind doch hier die vertikalen Unterschiede nicht unbedeutend. Während die im Westen des Sees gelegenen Gebirge eine relative Höhe von wenigstens 1200 *m* haben, ist die grösste Tiefe des Sees nach des Verf. Messung 230.5 *m*, was für einen Salzsee eines asiatischen Zentralbeckens als sehr viel betrachtet werden muss. Das östliche Becken des Sees, das von dem westlichen durch eine Insel und eine Halbinsel getrennt wird, hat dagegen eine Maximaltiefe von nur 20 *m*. Diese Tiefenverhältnisse hängen mit den Terrainverhältnissen zusammen, indem das östliche Becken von flachen Steppen umgeben ist, das westliche dagegen von hohen Gebirgen, die steil gegen den See einfallen. Doch empfängt das westliche Becken die beiden grössten Zuflüsse, von Norden den Kara-dschilga, von Süden den Muskol, an deren Mündungen die untiefsten Stellen des Beckens gelegen sind, wogegen ihre erosive Kraft noch nicht genügt hat, um die zentralen Stellen des Sees auszufüllen. Dies rührt wohl nicht nur davon her, dass der See von Anfang an sehr tief gewesen,

[1]) Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin **29.** Nr. 4 p. 289 u. ff.

sondern auch davon, dass das Gefälle der beiden Bäche gering ist, und die von ihnen durchströmten Gegenden durch die fast immer wehenden und äusserst heftigen Winde von den feinsten Produkten der Verwitterung gereinigt werden. Dennoch ist der ganze Boden des Kara-kul mit feinem Schlamme bedeckt.

Auffallend ist das im Gegensatze zu anderen abflusslosen Becken Zentralasiens geringe Vorhandensein von feinerem Sande, während der Boden der Thäler und Schluchten mit grobem Kiese und Verwitterungstrümmern reich bedeckt ist. Zweifelsohne wird der feine Sand, soweit er nicht durch die äusserst spärliche Vegetation gebunden wird, von den stetigen und heftigen Winden fortgetragen, um in weiter Ferne wieder abgesetzt zu werden. In der That sind auf dem Plateaulande Staub- und Sandburane eine gewöhnliche Erscheinung. Da wässrige Niederschläge hier eine grosse Seltenheit sind, der Schneeniederschlag in diesem Teile des Pamir am kleinsten ist, und deshalb die Bäche des Gebietes sehr wenig und nur während des Frühlings und Sommers Wasser führen, werden die Winde und der Spaltenfrost die kräftigsten Agenzien der Denudation sein. Auf der Kara-kul-Insel sah Verfasser Syenit- und Schieferblöcke, die vom Winde stellenweise schön geschliffen und oft tief ausgehöhlt waren. Ebenso energisch wirken die Temperaturverhältnisse. Die Amplituden steigen nicht selten bis auf 50° C. binnen 24 Stunden. Die Insolation ist intensiv auch im Winter, und die Ausstrahlung während der klaren Nächte ebenso lebhaft. Das kleinere abflusslose Gebiet ist reicher an Sand, besonders zwischen dem See Rang-kul und dem kleinen Gebirge Sarik-gaj. Dieses Gebirge steht wie ein Querriegel zwischen dem See und dem Najsa-tasch-Thale, und der Sand, der mit den vorherrschenden westlichen Winden gegen Osten getrieben wird, häuft sich an seinen westlichen Abhängen zu gewaltigen Dünen an, deren konvexe Seiten gegen Osten gerichtet sind.

Die peripherischen Gebiete haben durch die unermüdliche Arbeit der Erosion den früheren Charakter von Plateauland verloren und sind durch vollkommenere Gebirgsentwickelung gekennzeichnet; die Formen werden an den nach Westen strömenden Flüssen stromabwärts immer steiler und wilder; das Land wird durch ungemein tief eingeschnittene Schluchten durchfurcht, in denen die Struktur der Gebirge sehr schön blossgelegt ist, und auf deren Boden der Fluss schmal und tief zwischen heruntergefallenen Steinblöcken dahinbraust.

Betrachten wir den Pamir im grossen und ganzen, so finden wir, dass die östliche Hälfte vorwiegend Hochflächenland ist, wogegen die westliche von einem Parallelsysteme longitudinaler Ketten eingenommen wird, in dessen gegen Westen immer steiler und wilder werdenden Längsthälern sämtliche Quellflüsse des Amu-darya gegen Westen fliessen. Es ist kein Zweifel, dass das Ganze einmal Plateauland gewesen, dass aber die westliche Hälfte allmählich in peripherisches Gebiet verwandelt worden ist, und dass gegenwärtig die Arbeit

der Erosion darauf gerichtet ist, auch die letzten Reste der abflusslosen Gebiete zu vernichten.

Wie eine Festung von Bastionen umgeben ist, so wird der Pamir nach allen vier Himmelsrichtungen von grossartigen, und zwar doppelten Randgebirgen begrenzt, nämlich im Norden von Alai-Trans-alai, im Osten von Sarik-kal—Mus-tag, im Süden vom Wachan-Gebirge—Hindu-kuh, und im Westen von den Gebirgen um den meridionalen Păndsch[1]). Die Rolle des Festungsgrabens wird durch die Thäler zwischen den Doppelketten gespielt: Alai mit Kisil-su, Sarik-kol mit Ges und Yarkand-darya, Păndsch mit Wachan-darya und Păndsch. Das gewaltige Gebirgsland Pamir, das vor kaum ein paar Jahrzehnten für ein grosses Plateau gehalten wurde, besitzt also die Form eines Vierecks und hat innerhalb seiner Grenzen die verschiedenartigsten Landschaftsformen zur Entwickelung kommen lassen.«

Die mittlere Passhöhe der Alai-Kette schätzt Verf. auf 4000 *m*, die Höhe des Kara-kul beträgt fast genau ebensoviel. Der höchste Gipfel des Mustag-ata erreicht nach der russischen Karte 7630 *m*. Wo der Ges-Fluss die Mustag-Kette durchbricht, hat das Terrain über 3300 *m* Höhe und sinkt dann, erst steil, dann allmählich, bis Kaschgar (1230 *m*) und endlich äusserst sanft zum Lob-nor (790 *m*). Wo der Ges-Fluss aus den Gebirgen in flaches Land austritt, ist die Höhe noch 1600 *m*. »Aus dem Profile geht der Hochflächencharakter des östlichen Pamir sehr deutlich hervor. Eine nicht unerwartete Erscheinung, die bei jedem auf dem Plateaulande gelegenen Passe zu beobachten ist, besteht darin, dass der Boden bis zum Gebirge allmählich sich erhebt, um dann in der unmittelbaren Nähe des Passes plötzlich sehr steil anzusteigen. An beiden Seiten des Passes sind Erosionsmulden gelegen.«

---

[1]) Auf der vortrefflichen Karte Dr. G. Wegener's: »Übersicht des Kwenlun-Gebirges« (Zeitschr. d Gesellsch. f. Erdk. zu Berlin. **26.**) tritt diese homologe Gruppierung der Gebirge sehr schön hervor. Hier wird aber die Mustag- Kette »Kaschgar-Gebirge« genannt, ein Name, der zwar bezeichnend und berechtigt, aber an Ort und Stelle nicht im Gebrauche ist. Auch Dr. Geiger verwendet denselben Namen. Der einzige richtige und von den Eingeborenen gebrauchte Name ist jedoch Mus-tag. Denselben in die geographische Litteratur einzuführen, bringt allerdings eine Bedenklichkeit mit: er kann nämlich mit dem südlichen Mus-tag verwechselt werden. Die mustergültige Karte Nr. 60 in Stieler's Handatlas giebt vorsichtig genug der Kette gar keinen Namen. Der Name Kaschgar-Gebirge ist aber nicht preiszugeben. — Der Humboldt'sche »Bolor-tag« spukt noch hier und da in Reiseberichten, ist aber immer eine mystische Erscheinung geblieben. Konsul Petrowsky glaubt, der Etymologie dieses Namens auf der Spur zu sein. Die Gegend von Polu wird auch Pulur genannt, und zwischen Pulur und Bolor ist der Schritt nicht lang. — In seiner Abhandlung: »Sametki o faune posvonotschnich Pamira«, giebt N. A. Severtsoff in nur vier Seiten eine sehr zutreffende Charakteristik der Oroplastik des Pamir. Sapiski Tyrkestan-Attdjela Isup-obschtsch. lubit. jest jestbosnanija, antr. i etnogr. **1.** 1. Heft p. 58 u. ff. Taschkent. Zeitschrift d. Ges. f. Erdkunde, Berlin. **29.** Nr. 4.

Die mittlere Höhe der Vereinigten Staaten von Nordamerika ist von Henry Gannett bestimmt worden[1]. Er schätzt sie auf 772 *m* oder etwas grösser als die mittlere Höhe des festen Landes der ganzen Erde nach Murray. Delaware ist der niedrigste Staat, indem er durchschnittlich nur 60 Fuss über den Meeresspiegel sich erhebt, während Wyoming und Kolorado die höchsten sind, bezw. 6700 und 6800 Fuss. Elf Staaten erheben sich über das mittlere Niveau; sie liegen sämtlich an der pazifischen Küste oder in den benachbarten Kordillerengebieten, Florida und Louisiana sind nächst Delaware die am wenigst hohen Staaten, indem sie im Mittel nur eine Erhebung von 100 Fuss besitzen.

Die Bodengestaltung und den Gebirgsbau von Deutsch-Südwestafrika besprach A. Schenk[2]. Dieses Gebiet gehört zusammen mit Australien und der chilenischen Atakamawüste in den südlichen der beiden Wüstengürtel, die sich nördlich und südlich der Tropenzone um die Erde ziehen. Es besteht aus dem Grossnamalande mit der Lüderitzbucht (Angra Pequena) im Süden und Damaraland mit der Walfischbucht im Norden; hieran schliesst sich weiter nordwärts das Amboland. Diese Gebiete sind Gebirgsländer, die von der Küste aus allmählich bis 1500 und 2000 *m* ansteigen und sich noch weiter ostwärts zur Kalahariwüste wieder senken. Damaraland besteht vorzugsweise aus Granit- und Gneissbergen und -stöcken, Namaland hat Tafellandschaften und Tafelberge aus feinkörnigem, hartem Sandsteine, Schiefer und Kalkstein von horizontaler bis schwach geneigter Lagerung, zuweilen mit Sockeln aus Granit und Gneiss; eine Anzahl von Verwerfungen, Grabeneinbrüchen und Flexuren durchziehen die Schichtentafeln. Am typischsten ist im Namalande der Wüstencharakter ausgebildet in dem Küstengebirge, welches bis 90 *km* breit ist und noch vorwiegend aus Granit und Gneiss besteht. Zwischen den Bergen aus diesen Gesteinen breiten sich weite Ebenen aus, welche mit Wüstenverwitterungsschutt erfüllt sind. In Damaraland ist das Gebiet von Granit und Gneiss noch weiter ostwärts ausgedehnt und im Zusammenhange damit auch der Wüstencharakter noch verbreiteter. Das Tafelland zeigt mehr trocknen Steppen- und Buschcharakter. — In den Ebenen sind rezente Ablagerungen von Kalktuff und Kalkstein sehr verbreitet (namentlich in den nördlichen Gebietsteilen), die auf ein ehedem feuchteres Klima hindeuten; aber auch diesem soll nach den geologischen Befunden ein Wüstenklima vorausgegangen sein.

Über die Entstehung der landschaftlichen Formen der Wüstengebiete kommt Verf. zu ganz denselben Anschauungen, wie sie zuerst Joh. Walther in seiner Schrift aufgestellt hat: die aus groben,

---

[1]) Nature **49.** p. 461.

[2]) Verhandlungen des 10. deutschen Geographentages zu Stuttgart 1893.

verschiedenfarbigen Körnern zusammengesetzten (»polychromen«) Granite und Gneisse reagieren mit ihren verschiedenen Bestandteilen verschieden auf das erste Wüstenagens, die Insolation (Sonnenbestrahlung), und zerfallen infolge davon; der so entstehende Schutt zersetzt sich aber nicht, weil das dazu nötige ausdauernde Wasser fehlt; die Sandsteine widerstehen dagegen der Insolation besser und bilden infolgedessen fast keinen Schutt. Der Zerfall der Granite und Gneisse erfolgt 1. in Blöcke, die zuweilen ganze Blockmeere bilden können; 2. durch Ablösung von Schuppen oder ganzen Platten parallel der ursprünglichen Oberfläche (»Desquamation« Walther); 3. durch Zerbröckelung in Grus und Sand. — Die seltenen, dann aber meist um so heftigeren Regengüsse breiten den Schutt und Grus in den Thälern aus, füllen diese auf und bilden schliesslich Ebenen; selten erreichen die Wasserläufe und mit ihnen der Schutt das Meer. — Das zweite Wüstenagens ist der Wind. Dieser führt zum Teile gewaltige Dünen auf, zum Teile bewirkt er eine Sonderung in Kies-, Sand- und Staub-(Lehm-)wüsten; ferner wirkt er abschleifend und glättend, selbst Rundhöcker und beckenartige Vertiefungen schafft er, und die Erscheinungen sind zum Teile glazialen ähnlich, aber die feinere Modellierung ist doch anders (pockennarbige Oberfläche, Herauspräparierung härterer und weicherer Lagen u. s. w. durch den Wind; durch letztere Wirkung gewinnen die Gneissberge gegenüber den Granitbergen eine charakteristische Furchung).

Neben der genannten allgemeinen Einteilung der Wüsten schlägt Schenk noch eine andere, auf genetischem Prinzipe beruhende vor:

1. Eluvialwüsten sind solche, in denen der durch die Wüstenverwitterung gebildete Schutt nicht hinweggeräumt werden kann.

2. Denudationswüsten solche, in denen aller Schutt weggefegt wird,

3. Aufschüttungswüsten solche, wo Wiederablagerung des Schuttes stattfindet; zu letzteren gehören die Dünen- und Lehmwüsten, zu den beiden ersteren je nach den speziellen Verhältnissen die Fels- und Kieswüsten.

Schenk hebt nachdrücklich hervor, dass die Verwitterung in den Wüsten vorwiegend mechanisch ist, während sie in den feuchtwarmen Tropen vorwiegend chemisch, in den gemässigten Klimaten »mechanisch-chemisch« stattfindet. In vieler Beziehung ist der Wüstenverwitterung diejenige in den arktischen Gebieten ähnlich: vorwiegend mechanisch (neben Insolation allerdings auch noch Spaltenfrost), — Bildung von Blockmeeren, Desquamation. An der spezielleren Gestaltung des Reliefs sind aber doch in beiden Gebieten noch vielfach andere Kräfte thätig[1]).

[1]) Potonié's Naturwissenschaftliche Wochenschrift 1894. Nr. 13.

3. Boden- und Erdtemperatur.

Die ungewöhnliche Zunahme der Erdwärme in den Petroleumschichten von Pechelbronn im Unterelsass ist von Daubrée besprochen worden [1]). Schon vor 40 Jahren war ihm aufgefallen, dass dort die Temperaturzunahme mit der Tiefe eine schnellere ist als anderswo. Eine Quelle, welche in einem 70 *m* tiefen Schachte hervorsprudelte, hatte eine Temperatur von 13.7 °, was, da die Temperatur der Oberfläche 10 ° betrug, eine mittlere Zunahme von 1 ° auf 20 *m* ergab. Thermometrische Messungen, welche jüngst bei mehreren Sondierungen ausgeführt wurden, haben nicht nur die alte Wahrnehmung bestätigt, sondern noch eine viel schnellere Zunahme ergeben.

So fand man bei einer Bohrung in der Nähe von Sultz unterm Walde in einer Tiefe von 178 *m* Wasser von 24 °, was einer Zunahme von 1 ° pro 12.7 *m* entspricht. Eine Bohrung im Walde von Hagenau erreichte eine Tiefe von 620 *m* und eine Temperatur von 60.6 °. Aus den Werten, die man hier in verschiedenen Tiefen gefunden, ergiebt sich, dass die Temperaturzunahme eine ungewöhnlich schnelle und ungleichmässige ist; sie beträgt in den Tiefen 305 *m*, 360 *m*, 400 *m*, 480 *m*, 510 *m* und 620 *m* im Mittel bezw. 1 ° pro 12.2 *m*, 12.1 *m*, 11.8 *m*, 10.1 *m*, 9 *m* und 8.2 *m*. — In der Nähe von Kutzenhausen hat eine Bohrung eine noch schnellere Temperaturzunahme ergeben, denn in einer Tiefe von 140 *m* traf man Wasser von 30 °, das würde 1 ° auf 7 *m* geben.

»Somit zeigten sich in diesen Tertiärschichten, obwohl sie regelmässig gelagert und nur schwach geneigt zum Horizonte sind (7 bis 8 *cm* pro Meter), ungewöhnlich hohe Temperaturen und ein Grad der Zunahme, der mit der Tiefe wächst. Man befindet sich hier vor einer besonders eigentümlichen Stelle. Eine solche Anomalie ist um so interessanter, als sie auf dieselbe Ursache zurückführbar zu sein scheint, wie das Vorkommen des Petroleums, nämlich auf einen besonders wirksamen Einfluss (chemischen oder anderen) der inneren Thätigkeit des Erdkörpers.«

Die Erdwärme im Grundschlamme der See. Dr. Joh. Petersen hat in den Wintermonaten 1891—1892 und 1892—1893 in der Koldingsföhrde und bei Svendborg Beobachtungen über die Temperatur des Grundschlammes angestellt [2]), aus denen sich ein sehr merklicher Einfluss der inneren Erdwärme ergiebt. Es fand sich z. B., dass bei einer Temperatur des Bodenwassers von 3.5 ° C. die Oberfläche des Schlammes 5.0 ° Wärme hatte, die Temperatur

---

[1]) Compt. rend. **117.** p. 265.

[2]) Petersen, Det videnskabelige Udbytte of Kanonbaaden. Hauch's Togter i de Danske Have in denfor Skagen i Aarene 1883—1886. **5.** Kopenhagen 1893.

1 *m* tief im Schlamme dagegen 8.0° betrug, selbst als die Temperatur des Bodenwassers — 0.1° war, zeigte der Schlamm 1 *m* unter seiner Oberfläche + 7° C.

4. Erdmagnetismus.

Die magnetischen Beobachtungen bei Potsdam 1890—1891.[1]) Nach Vollendung des magnetischen Observatoriums bei Potsdam sind nunmehr die Beobachtungen der beiden ersten Jahre daselbst sowie die Beschreibungen der Instrumente u.s.w. veröffentlicht worden. Um den nächsten Zweck, jederzeit die Ermittelung des augenblicklichen Zustandes der erdmagnetischen Elemente: Deklination, Horizontalintensität und Vertikalintensität, mit der nötigen Schärfe zu erfüllen, sind zwei Sätze von Differential- oder Variationsinstrumenten vorhanden, von denen das Hauptsystem selbstregistrierend arbeitet, während das andere durch Fernrohr und Skala mit dem Auge beobachtet wird. Letzteres geschieht täglich dreimal durch Doppelablesung der drei Instrumente (10^h a., 1^h p., 6^h p.). Zur Bestimmung der Empfindlichkeit der Variationsinstrumente werden zweimal im Jahre längere Beobachtungsreihen an jedem Systeme angestellt. Um die absoluten Werte der Normalpunkte der Skala, bezw. der Kurven zu bestimmen, dienen die absoluten Messungen der drei Elemente, die dreimal im Monate (durchschnittlich jeden 10. Tag) angestellt werden.

Die obige Publikation enthält ausführliche Beschreibungen der Instrumente und der Beobachtungsmethoden, sowie die Ergebnisse der Beobachtungen selbst.

Bezüglich des täglichen Ganges der magnetischen Elemente im Jahre ergiebt sich folgendes: Deklination: Maximum gegen 1^h p. m., Minimum zwischen 7^h und 8^h a. m. Sekundäres Maximum in den frühen Morgen-, sekundäres Minimum in den späten Abendstunden, letzteres wird in den Wintermonaten zum Hauptminimum. Horizontalintensität: Maximum gegen 8^h p. m., Minimum 10^h a. m., sekundäres Maximum gegen 5^h a. m., das sich in den Wintermonaten zum absoluten ausbildet. Ein sekundäres Minimum tritt in den frühen Morgenstunden ein. Vertikalintensität: Absolutes Maximum 5^h — 9^h p. m., absolutes Minimum gegen Mittag, sekundäres Maximum gegen 7^h a. m., sekundäres Minimum 1^h — 3^h a. m. Inklination: Maximum zwischen 10^h und 11^h a. m., ein wenig ausgeprägtes Minimum in den letzten Abend- und Morgenstunden. Totalintensität: Maximum 6 — 8^h p. m., Minimum gegen Mittag, sekundäres Maximum gegen 6'' a. m., sekundäres Minimum gegen 3^h a. m.

Magnetische Beobachtungen auf der Nordsee hat der frühere Schiffer A. Schück in den Jahren 1884—1886, 1890 und 1891

[1]) Veröffentlichungen des K. Preuss. Meteorol. Instituts. Magnet. Observatorium. Berlin 1894.

angestellt. Diese hat er nunmehr[1]) mit den von Rücker und Thorpe 1884—1888 in Grossbritannien, von Moureaux 1885—1891 in Frankreich, von Fritsche, Schaper und Sack 1884—1887 zwischen Elbe und Oder und von Eschenhagen 1887—1888 zwischen Elbe und Rhein angestellten Messungen zusammengestellt und kartographisch verarbeitet. Diese Karten umfassen das Gebiet von 11° W bis 11° E von Gr. und von 48° bis 61° n. Br., sie gelten für 1890.5.

Die neue magnetische Aufnahme Österreichs durch J. Liznar ist nunmehr vollendet. Derselbe giebt in seinem letzten vorläufigen Berichte[2]) eine Übersicht der im Sommer 1893 von ihm an 21 Stationen angestellten Bestimmungen. Im ganzen sind von ihm an 108 Orten Messungen ausgeführt. Eine endgültige Verarbeitung aller Daten kann der Beobachter aber erst dann vornehmen, wenn ihm auch die Beobachtungsresultate von Ungarn, wo seit 1892 der Vizedirektor der königlichen Zentralanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus in Budapest, Ignaz Kurländer, Messungen vornimmt, zur Verfügung stehen werden. Nach den neuen Daten wird man im grossen und ganzen ein richtiges Bild über die Verteilung der erdmagnetischen Kraft in Österreich-Ungarn erhalten. Die Anzahl der Stationen ist jedoch viel zu klein, um auch eine Darstellung der Störungsgebiete geben zu können; dieses muss einer späteren Zeit vorbehalten werden, wo es möglich sein wird, wenigstens über die Störungsgebiete ein dichtes Stationsnetz zu ziehen. Frankreich ist in dieser Beziehung mit gutem Beispiele vorangegangen; es wäre zu wünschen, dass andere Staaten demselben folgen möchten.

Die magnetischen Verhältnisse Dänemarks wurden seit 1892 von Dr. Paulsen durch genaue Messungen festgestellt. Gestützt auf diese und einige ältere Messungen hat er nun[3]) eine Isogonen-Karte Dänemarks hergestellt, die einen ziemlich unregelmässigen Verlauf der Isogonen, besonders derjenigen von 12° und $12\frac{1}{2}$° zeigt. Noch bedeutendere Anomalien aber findet man auf der Insel Bornholm. Während hier die Deklination unter normalen Verhältnissen in den westlichen Punkten 9° 29′ und in den östlichen 9° 11′ betragen würde, fand man sie in Wirklichkeit zu 7°, bezw. 11°. Die Störungen erstrecken sich auch auf das umgebende Meer, auf welchem die Deklination vom Fregattenkapitän Hammer mit Hilfe eines Kompasses bestimmt wurde. Ebenso zeigt die Horizontalintensität und die Inklination sehr beträchtliche Abweichungen.

Die tägliche Periode der erdmagnetischen Elemente in Kopenhagen wurde sowohl aus den Stundenmitteln sämtlicher, als auch,

[1]) Schück, magnetische Beob. auf der Nordsee. Hamburg 1893.
[2]) Sitzungsberichte d. Kais. Akad. d. Wiss. in Wien **103.** IIa. 1894. p. 1—7.
[3]) Annales de l'observatoire magnétique de Copenhagen 1892.

nach Wild'schem Vorschlage, aus den der magnetisch ruhigen Tage berechnet. Während sich bei der Deklination und Horizontalintensität nur ein Maximum und ein Minimum findet, zeigt sich bei der Vertikalintensität noch ein sekundäres Maximum 6^h a. m.

Nach den angestellten Messungen ergiebt sich für Kopenhagen 1892.6 die

Deklination zu	10°53′,
Horizontalintensität zu . . .	0.17334 C. G. S.,
Vertikalintensität zu . . .	0.44782 »
Totalintensität zu	0.48020 »
Inklination zu	68°50.4′

Der absolute Wert der magnetischen Elemente im Parc Saint-Maur bei Paris und in Perpignan am 1. Januar 1894 wird von Th. Moureaux wie folgt angegeben[1]).

	Parc Saint-Maur.		Perpignan.	
	abs. Wert	säkulare Variation 1893	absoluter Wert	säkulare Variation
Deklinationen	15°18.1′	— 6.3′	14° 8.4′	— 4.5′
Inklination	65 6.1	— 2.4	60 10.7	— 2 6
Horizontale Komponente	0.19624	+ 0.00028	0.22320	+ 0.00042
Vertikale »	0.42230	— 0.00017	0 38940	+ 0.00007
Totalintensität	0.46612	— 0.00004	0.44383	+ 0.00027

Neue magnetische Beobachtungen in Russland. Vénukoff berichtet[2]) über eine Anzahl magnetischer Bestimmungen in Zentralasien zwischen den Parallelkreisen von 36° 42′ und 45° 11′ nördl. Breite und den Meridianen von 65° 47′ und 82° 17′ östl. Länge von Greenwich. Die Beobachtungen wurden von H. Schwartz am Observatorium zu Taschkent angestellt und werden die Resultate für 20 Punkte mitgeteilt. Ähnliche Beobachtungen im europäischen Russland haben ergeben, dass es dort Lokalitäten giebt, wo die Variationen des Erdmagnetismus selbst zwischen nahe bei einander gelegenen Punkten ungeheuer gross sind, so bei Belgorod, wo ein sekundärer magnetischer Pol zu sein scheint. In der Nähe von Grodno fand man auf einer Entfernung von 21 *km* Variationen der Deklination bis zu 10°.

Magnetische Messungen auf Island, Jan Mayen und Spitzbergen. Im Frühjahre und Sommer 1892 sind durch den französischen Aviso »La Manche« erdmagnetische Messungen auf jenen Inseln ausgeführt worden[3]), über welche Liznar berichtet[4]).

Die nachstehende Tabelle enthält eine übersichtliche Zusammenstellung der wichtigsten Daten, wobei bemerkt wird, dass die Horizontalintensität in C. G. S. ausgedrückt erscheint.

---

1) Compt. rend. **118.** p. 70.
2) Compt. rend. **117.** p. 382.
3) Annuaire de la Soc. météor. de France **1893.**
4) Meteorol. Zeitschrift **1894.** p. **394.**

	Station	φ	λ	D	H	J
Shetland	Insel Bressa . .	60° 10′	3° 28′W	19°33′	0.1482	72°40′
Island	Reykiavick . . .	—	—	36 43	0.1319	76 18
»	Dyre Fjord . . .	65 53	25 49 W	38 33	0.1157	78 8
»	Isa Fjord . . .	66 7	25 34 W	40 22	0.1216	— —
»	Patrix Fjord . .	65 36	26 21 W	41 57	0.1179	— —
Fär-Öer	Westmanhavn . .	62 11	9 24 W	25 20	0.1386	— —
Jan Mayen	Observat. österr. .	71 0	10 48 W	28 19	0.0979	79 15
Spitzbergen	B. la Rech. . . .	77 30	12 14 O	12 4	0.0920	79 59
»	B. la Manche . .	78 31	13 43 O	10 4	0.0888	80 44
Bergen	Jardin de la Pointe	60 24	2 58 O	16 28	0.1490	72 31

Um eine Vorstellung über die Grösse der säkularen Änderung zu erhalten, wurden diese Daten mit den älteren verglichen. Indessen lässt sich eine solche Vergleichung nur für die Deklination ausführen, denn die Werte der Intensität und Inklination hängen zu sehr von den individuellen Angaben der Instrumente ab, mit denen die Messungen gemacht werden. Die Deklination zeigt eine jährliche Abnahme von 10′ auf Jan Mayen (1882—1892) und auf Spitzbergen (1839—1892). In Reykiavick ergiebt sich für 1836 bis 1892 eine jährliche Abnahme von 7′ und in Bergen für 1858 bis 1892 eine solche von 8′. Selbstverständlich können diese Zahlen nur als Näherungswerte angesehen werden.

Die erdmagnetischen Elemente von Grönland. Von der dänischen Expedition sind 1882—1883 regelmässige magnetische Beobachtungen zu Godthaab angestellt worden [1]). Die Deklination (von N durch O gezählt) betrug nach den Beobachtungen vom 28. Sept. 1882 bis zum 8. August 1883: 302° 35′. Sie war 1728 nach den Bestimmungen von Gerner 321° 30′ und nahm seitdem bis gegen die Mitte dieses Jahrhunderts ab (1856.6 betrug sie nach R. Paucié 298° 42′), 1889.5 war sie nach 10 Messungen von Garde bereits 303° 30′. Diese Zunahme wird auch durch die Messungen zu Frederikshaab und Julianehaab bestätigt. Die Inklination ergiebt sich für 1883.5 zu 80° 16′, die Horizontalintensität zu 0.09730.

Die magnetischen Elemente an der Mündung der Lena. Die von der Russischen Geographischen Gesellschaft ausgehende Expedition hat zu Sagastyr an der Lenamündung magnetische Beobachtungen angestellt, die nach den Mitteilungen [2]) A. von Tillo's folgende Werte ergaben:

Östl. Deklination	4.7°	(1883)
Nördl. Inklination	83.2	
Horizontalintensität	0.072.	

Die Beziehungen der magnetischen Störungen zu den Sonnenflecken werden von P. Tacchini in folgender Weise dargestellt [3]): »Eine Beziehung zwischen dem Gange des Erdmagnetis-

[1]) Observ. intern. Polaires 1882—1883 Exped. Danoise **1.** I.
[2]) Compt. rend. **117.** p. 457.
[3]) Memorie della Società degli spettroscopisti Italiani 1894. **23.** p. 4.

mus und der Sonnenthätigkeit zu leugnen, ist nicht mehr möglich, nachdem so viele Beobachtungen gesammelt sind, welche diese direkt beweisen. Aber wenn man Sonnenthätigkeit sagt, so muss man darunter einen Komplex von Erscheinungen verstehen, die bisher dargestellt werden durch die Flecken, die Fackeln und die Protuberanzen, welche miteinander in einer Weise verknüpft sind, dass der in langen Perioden sich dokumentierende Gang der einen ziemlich nahe dem Gange der übrigen folgt; daraus ergiebt sich, dass in dem Komplexe der Beobachtungsreihen der Erdmagnetismus in gleicher Weise in Beziehung gebracht werden kann mit jeder Reihe jener Erscheinungen, und daher ist es richtiger, zu sagen, dass er in Abhängigkeit oder in direkter Beziehung steht zur Sonnenthätigkeit, welche von dem Komplexe aller beobachteten Erscheinungen repräsentiert wird.

Es ist natürlich, dass die leichtere und ältere Beobachtung nämlich die der Sonnenflecke, vorzugsweise zur Entdeckung dieses Zusammenhanges dienen musste; denn es ist sicher, dass die Flecke ein ziemlich sicheres Zeichen der Sonnenthätigkeit sind auch für entlegene Zeiten, ohne dass aber daraus die Konsequenz abzuleiten wäre, dass besonders die Flecke die modifizierenden Faktoren des Erdmagnetismus seien. Später fand man die Mittel, systematisch auch andere Erscheinungen zu beobachten, so die Protuberanzen, die Sonneneruptionen und die Erscheinungen der Sonnenatmosphäre, so dass bald von mehreren, und vom Verf. zuerst, behauptet wurde, dass die starken magnetischen Störungen auf der Erde und daher auch die Polarlichter aufgefasst werden müssen als eher in Übereinstimmung und in direkter Beziehung stehend mit den genannten, wahrscheinlich elektrischen Sonnenerscheinungen, als mit den Flecken.

Man muss ferner bedenken, dass ein grosser Sonnenfleck nichts anderes ist als eine Folge aussergewöhnlicher Störungen, welche in einem bestimmten Gebiete der Sonne auftreten, Störungen, welche nicht lange andauern, die sich aber wiederholen können, während der Fleck oder die Gruppe, die durch sie veranlasst ist, sich durch mehrere Sonnenrotationen erhalten kann. Nun gestatten die Beobachtungsmethoden noch nicht dauernd, diese Thatsache zu kontrollieren, d. h. zu sagen, ob z. B. ein Fleck am Ostrande sich im Stadium der Ruhe zeige; wir wissen nichts oder wenig von dem, was über ihm und in ihm vorgeht während der zwei Wochen, die wir ihn fortgesetzt auf der Scheibe sehen. Nach unserer Auffassung aber wird, wenn der grosse Fleck oder die grosse Gruppe sich dem Zentrum im Zustande der Ruhe nähert, keine Störung des Erdmagnetismus stattfinden, und in diesen Fällen wird ein Zusammenhang nicht hervortreten; wohl aber kann ein solcher gefunden werden, wenn der Fleck im Vereine mit anderen grossartigen, für uns sichtbaren Erscheinungen besteht; dann können wir die von Prof. Ricco behandelten Fälle vor uns haben, für welche die von ihm gefundene Beziehung richtig sein und sich auch verifizieren

lassen wird für andere Flecke und Gruppen, während im Zustande der Ruhe, so gross auch der Fleck oder die Gruppe sein mag, das Resultat ein negatives sein wird, wie es richtig Prof. Palazzo gefunden.

Mit anderen Worten, ich möchte den Satz umkehren und sagen, wenn beim Vorübergange eines grossen Fleckes auf der Sonnenscheibe eine magnetische Störung auf der Erde sich zeigt, so würde das bedeuten, dass auf diesem Flecke und den benachbarten Gegenden aussergewöhnliche Erscheinungen der Protuberanzen, Sonneneruptionen, Polarlichter u. s. w. stattfinden, welche eben diese Störung veranlasst haben; wenn hingegen im Magnetismus nichts Abnormes beobachtet wird, dann geht der Fleck oder die Gruppe im Zustande der Ruhe vorüber.

Wird dies zugegeben, so bleibt die Frage, ob in den von Prof. Ricco behandelten Fällen die Sonnenwirkung auf den Erdmagnetismus sich mit der Verspätung bemerkbar machen muss, die er in bezug auf den Durchgang durch den zentralen Meridian gefunden. Die von Ricco gefundenen Thatsachen und die von Palazzo diskutierten beweisen, dass die Frage ein ernsteres Studium verdient, für welches eine kontinuierliche Reihe von Sonnenphotographien erforderlich wäre, die nach den Methoden von Hale und Deslandres hergestellt würden für die Zeit, in welcher grosse Flecke oder Gruppen auf der Sonnenscheibe sichtbar sind.«

Die Konvergenzpunkte der magnetischen Meridiane und ihre säkulare Bewegung [1]. Prof. G. D. E. Weyer hatte seit Jahren ein reiches Material von Beobachtungen magnetischer Deklinationen gesammelt, so dass dasselbe nunmehr 48 Orte umfasst, für welche von ihm die magnetische Deklination als periodische Funktion für jeden einzelnen Ort aus den daselbst angestellten Beobachtungen berechnet wurde. Unter diesen 48 Beobachtungsörtern, wozu solche ausgewählt wurden, welche einen möglichst langen Zeitraum der Beobachtungen umfassen, fanden sich auch mehrere, deren magnetische Meridiane nahe zu einander senkrecht standen und daher einen verhältnismässig sicheren Schnittpunkt oder Konvergenzpunkt gewährten. Schon nach dem Längenunterschiede, als Winkel ihrer geographischen Meridiane miteinander, konnten also die geeigneten Örter zur Bestimmung des Konvergenzpunktes genommen werden.

Ohne alle günstigen Kombinationen der Örter zu erschöpfen, wurden zunächst acht Paare auf der nördlichen und ebenso viele auf der südlichen Erdhälfte ausgewählt und für jeden Ort die Deklination als periodische Funktion berechnet. Die gefundenen Perioden weichen übrigens selbst bei nicht sehr weit voneinander entfernten Orten bisweilen sehr erheblich voneinander ab, was offenbar in lokalen magnetischen Verhältnissen seine Ursache hat. Auffallenderweise

[1] Astron. Nachr. Nr. 3254.

ergiebt sich, dass auf südlicher Breite die Periode der Deklinationsänderung durchgehends nahe doppelt und dreimal so gross wird, als bei den Örtern auf nördlicher Breite. Auch die grösste Abweichung von der mittleren Richtung des magnetischen Meridians findet sich bei einem Orte auf südlicher Breite, Rio de Janeiro, wo sie 20.32° beträgt. Endlich ist noch die grösste Abweichung der mittleren Richtung des magnetischen Meridians vom astronomischen, bei dem südlichen Orte Mauritius anzutreffen und steigt dort auf 16.06° nach Westen. Dass der Zeitraum der Beobachtungen die Länge der Periode übersteigt, findet sich hier nur in zwei Fällen, bei Quebec und New-York.

Die Berechnung der Lage des Konvergenzpunktes der magnetischen Meridiane (des sogen. magnetischen Pols) wurde von Prof. Weyer auf trigonometrischem Wege ausgeführt, und zwar von 30 zu 30 Jahren von 1680—1890. Die Ergebnisse für jeden der acht kombinierten Punkte sind in folgenden Tabellen enthalten:

I. Für den nördlichen Konvergenzpunkt der magnetischen Meridiane.

	1680		1710	
Baltimore und Christiania	85°12′N	170°47′W	85°17′N	132°16′W
Boston U. S. und Königsberg	81 7	127 48	80 59	111 18
Boston U. S. und Nürnberg	81 57	146 25	81 25	114 31
Cambridge U. S. und Paris	82 5	156 49	81 41	118 50
Danzig und Quebec	76 43	134 53	76 27	123 33
London und New York . .	83 20	151 30	81 40	117 0
Paris und Quebec	76 23	164 36	77 26	138 56
Quebec und Stockholm . . .	77 0	147 13	77 34	145 50
Arithm. Mittel =	80 28	150 0	80 19	125 17

	1740		1770	
Baltimore und Christiania	83°17′N	96° 4′W	81°41′N	82°27′W
Boston U. S. und Königsberg	80 34	98 57	80 8	93 40
Boston U. S. und Nürnberg	79 30	95 13	77 40	87 55
Cambridge U. S. und Paris	79 6	96 43	76 33	88 30
Danzig und Quebec	76 38	113 24	77 4	105 59
London und New-York . .	78 57	97 25	76 34	87 59
Paris und Quebec	76 50	114 23	75 19	99 15
Quebec und Stockholm . . .	78 43	132 58	78 50	116 4
Arithm. Mittel =	79 12	105 38	77 59	95 14

	1800		1830	
Baltimore und Christiania	80°16′N	77°54′W	79°44′N	80°18′W
Boston U. S. und Königsberg	79 51	95 24	79 49	103 6
Boston U. S und Nürnberg	76 43	87 58	76 46	93 35
Cambridge U. S. und Paris	75 0	87 15	74 48	90 18
Danzig und Quebec	77 27	103 36	77 49	108 7
London und New-York . .	75 11	84 37	75 6	85 35
Paris und Quebec	74 10	93 19	74 3	94 58
Quebec und Stockholm . .	78 12	106 56	77 58	109 10
Arithm. Mittel =	77 6	92 7	77 0	95 38

	1860		1890	
Baltimore und Christiania	81° 7'N	89°23'W	82°26'N	103°52'W
Boston U. S und Königsberg	80 3	115 7	80 30	129 5
Boston U. S. und Nürnberg	77 56	103 42	79 38	119 46
Cambridge U. S. und Paris	75 58	97 9	78 9	108 42
Danzig und Quebec	77 42	118 36	77 45	136 5
London und New-York . .	76 16	90 35	78 34	98 59
Paris und Quebec	74 55	103 27	76 10	119 29
Quebec und Stockholm . . .	78 3	121 15	77 34	137 21
Arithm. Mittel =	77 45	104 54	78 51	119 10

II. Für den südlichen Konvergenzpunkt der magnetischen Meridiane.

	1680		1710	
Ascension und Mauritius	68°17'S	167°45'O	71° 7'S	158° 8'O
Bay S. Augustin und Cap S. Aug.	67 47	159 22	66 41	156 40
Bay S. Augustin u. Rio de Janeiro	65 29	167 21	64 23	164 56
Bay S. Augustin und Bourbon	68 41	160 7	70 8	158 51
Cap S. Augustin und Mauritius	69 22	160 33	70 59	159 29
Bourbon und Fernando Noronha	67 38	166 28	70 14	158 9
Bourbon und Rio de Janeiro . .	67 0	169 27	68 19	170 4
Fernando Noronha und Mauritius	69 3	162 58	71 5	158 33
Arithm. Mittel =	67 55	164 15	69 7	160 36

	1740		1770	
Ascension und Mauritius	73°29'S	143°33'O	74°27'S	124°38'O
Bay S. Augustin und Cap S. Aug.	66 36	152 50	67 27	147 23
Bay S. Augustin u. Rio de Janeiro	64 25	161 38	65 29	157 18
Bay S. Augustin und Bourbon	72 0	155 21	74 4	148 20
Cap S. Augustin und Mauritius	72 58	155 41	75 2	148 36
Bourbon und Fernando Noronha	72 22	149 4	74 17	140 30
Bourbon und Rio de Janeiro . .	70 12	168 58	72 32	165 29
Fernando Noronha und Mauritius	73 15	151 18	75 7	140 3
Arithm. Mittel =	70 40	154 48	72 18	146 32

	1800		1830	
Ascension und Mauritius	73°36'S	105°36'O	71°22'S	91° 3'O
Bay S. Augustin und Cap S. Aug.	69 0	139 44	70 50	129 8
Bay S. Augustin u. Rio de Janeiro	67 26	151 18	69 58	142 55
Bay S. Augustin und Bourbon	75 49	137 10	76 41	121 48
Cap S. Augustin und Mauritius	76 42	136 38	77 20	120 28
Bourbon und Fernando Noronha	75 26	126 3	75 24	109 46
Bourbon und Rio de Janeiro . .	75 6	158 28	77 20	146 8
Fernando Noronha und Mauritius	76 8	124 50	76 10	107 7
Arithm. Mittel =	73 39	134 58	74 23	121 3

	1860		1890	
Ascension und Mauritius	68° 6'S	81°33'O	66° 0'S	75°49'O
Bay S. Augustin und Cap S. Aug.	72 19	114 51	72 46	98 9
Bay S. Augustin u. Rio de Janeiro	72 32	129 47	74 26	114 29
Bay S. Augustin und Bourbon	76 11	105 5	74 27	91 19
Cap S. Augustin und Mauritius	76 32	103 37	74 32	90 40
Bourbon und Fernando Noronha	74 2	95 12	71 51	84 31
Bourbon und Rio de Janeiro . .	78 30	127 58	77 57	107 47
Fernando Noronha und Mauritius	74 16	94 15	71 52	84 20
Arithm. Mittel =	74 4	106 32	72 59	93 23

Bezüglich der nördlichen Erdhälfte ergiebt sich aus diesen Daten, »dass der nördliche Schnittpunkt je zweier magnetischer Meridiane seine Lage von 1830 bis 1890 durchschnittlich um 1° 51′ nach Norden und 23° 32′ nach Westen verändert hat. Der genaue Zusammenhang zwischen der Bewegung eines solchen Konvergenzpunktes und der Bewegung des magnetischen Pols, wenn man diesen Pol auf einen einzigen Punkt beschränkt, wo die Inklination 90° sein soll, ist zwar nicht bekannt, denn die bei der Berechnung der Konvergenzpunkte gemachte Voraussetzung, dass die magnetischen Meridiane der Beobachtungsörter in grössten Kreisen bis zu ihrem Schnittpunkte verlaufen, wird nicht immer genau zutreffen, weil die verschiedene lokale magnetische Beschaffenheit der von jenen grössten Kreisen berührten Örter mehrfache Abänderungen in der Richtung der magnetischen Meridiane hervorbringen kann, auch die beobachteten Deklinationen sich nicht vorher von ihren etwaigen anomalen Änderungen befreien liessen. Daher ist schon keine sehr nahe Übereinstimmung der gleichzeitigen Konvergenzpunkte unter einander für verschiedene Paare von Beobachtungsörtern zu erwarten, um so weniger, je mehr die Winkel, unter welchen sich diese Meridiane schneiden, von einem rechten Winkel abweichen, also die Unsicherheit des Schnittpunktes noch dazu kommt, welcher Fall hier freilich vermieden ist.

Was den südlichen Konvergenzpunkt betrifft, so zeigt sich eine durchschnittliche Bewegung dieses Punktes, von 1830—1890 als ein Fortrücken um 1° 24′ nach Norden und 27° 40′ nach Westen. Es scheint dabei noch bemerkenswert, dass dieser südliche Konvergenzpunkt um das Jahr 1830 auf 74° 23′ südlicher Breite und 121° 3′ östlicher Länge von Greenwich, dem geographischen Südpole am nächsten stand, während der oben gedachte nördliche Konvergenzpunkt sich um dieselbe Zeit auf 77° 0′ nördlicher Breite und 95° 38′ westlicher Länge, am weitesten vom geographischen Nordpole entfernt hatte.

»Im ganzen hat sich bei den gewählten Beobachtungsörtern auf südlicher Breite die Bewegung des südlichen Konvergenzpunktes erheblich stärker und stetiger in den letzten 200 Jahren gezeigt, als die Bewegung des nördlichen Konvergenzpunktes für die Örter auf nördlicher Breite, wo eine auffallend plötzliche starke Veränderung der Bewegungsrichtung mit dem Anfange dieses Jahrhunderts eintrat.«

5. Vulkanismus.

Die vulkanischen Ereignisse des Jahres 1893 sind gleich wie für das vorhergehende Jahr[1]) und mit einigen Nachträgen zu letzteren von S. Knüttel zusammengestellt worden[2]).

---

[1]) Klein, Jahrbuch **4.** 124.
[2]) Tschermack's Mineral. Mitteil. 1894. **14.** p. 195 u. ff.

Der Gunung Semeru (3671 *m* hoch) auf Java, der zuletzt 1885 eine lebhaftere Thätigkeit zeigte und mit gewaltigen Aschen- und Steinrutschungen vom steilen Kegel herab nahe 100 Menschen verschüttete, warf anfangs 1893 unter starkem Getöse Steine, Lava, Asche aus. Der starke Aschenregen hat viel Schaden in den Tabakpflanzungen angerichtet. Ende des Jahres erschien der Berg von schwarzen Wolken dicht umlagert, aus denen man von Zeit zu Zeit Feuerstrahlen hervorleuchten sah. — Der Vulkan Lamongen, auf Ostjava, der Längsspalte von Java angehörend, ein aus zwei Kegeln bestehender Vulkanzwilling, gehört zwar zu den fortwährend thätigen Vulkanen, ohne aber durch verheerende Katastrophen bekannt zu sein, produzierte Ende November Asche und einen Schlammfluss und verursachte Schaden in den anliegenden Kulturen. — Vulkan Srieq Berapi auf Sumatra. Ende vorigen Jahres erfolgte die Eröffnung einer der Fumarolen unter heftigem Knalle und Ausschleudern von Schlamm und Steinen. Vulkan Lokon auf Celebes, 1597 *m* hoch, stiess seit März Rauchwolken aus, die bis Juli andauerten, sich aber wesentlich verringert zeigten, später wurde die Erscheinung wieder heftiger, Mitte September wurde ein heftiges Erdbeben verspürt. Der Vulkan Gama lama auf Ternate verursachte Anfang Februar einen kurzen Erdstoss. — Der alte, bisher für erloschen gehaltene, 2500 *m* hohe Luzon (Philippinen) schleuderte Anfang Oktober grosse Mengen Lava und Asche aus und richtete dadurch nicht unbeträchtlichen Schaden in Kulturen an. — Auf Japan erwachte nördlich von Tokio der Azuma-Yama, der seit Jahren für erloschen galt, im Mai zu neuer Thätigkeit. — 1888 brach der zu derselben Kette gehörige Bandaisan nach mehr als 1000-jähriger Ruhe wieder auf. Die neue Eruption äusserte einen fast explosiven Charakter; unter furchtbarem Krachen und heftigem Erdbeben öffnete sich der Berg, dicke Rauchwolken stiegen zum Himmel empor, ein Hagel von grossen und kleinen Felsstücken prasselte auf die Umgebung hernieder, die feinere Asche wurde meilenweit fortgetrieben. Fünf Öffnungen waren entstanden. Ferner entstand unter ähnlichen Erscheinungen im Juni am benachbarten Issaikio ein neuer Krater. Hierbei fielen leider zwei japanische Geologen, die ausgesandt waren, Beobachtungen über diese Eruptionen anzustellen, und beim Aufstiege zum Krater am 6. Juni von einer derselben überrascht wurden, zum Opfer. Sie wurden durch herabfallende Steine erschlagen. — Der Vulkan Mauna Loa auf Hawaī, 4170 *m* über dem Meere und mit einer Kraeröffnung im Umfange von 15.3 *km*, schien seine eruptive Thätigkeit periodisch zu steigern, wenigstens war die Anzahl der Ausbrüche, deren grössere meist unterhalb des Gipfels ihren Ursprung haben, in den Jahren 1830—1860 eine doppelt so grosse als in dem Zeitraume von da bis 1890. Die Lavamassen dieses Vulkans zeichnen sich durch besondere Leichtflüssigkeit aus (es war möglich, die fliessende Lava mit einem Löffel zu schöpfen). Im Jahre 1893 entwickelte dieser Vulkan nur grosse Dampfmassen.

Der durch seinen See geschmolzener Lava bekannte Kilauea (1235 *m* hoch) zeigte in der zweiten Hälfte des Jahres 1892 in seinem Lavabecken die Erscheinung der Lavafontänen in besonders schöner Ausbildung, einmal waren fünfzehn zu gleicher Zeit thätig. Die den Halemaumau, den Kratersee, umgebenden Wände sind mit Ausnahme einer Stelle nahezu senkrecht, das Lavareservoir hat gegenwärtig bei nahezu kreisrunder Oberfläche an dieser einen Durchmesser von etwa 800 Fuss. — Der Vulkan Calbuco in der Nähe des Osorno, Chile, galt als erloschen; er trat im Januar 1893 ganz unerwartet in Thätigkeit unter Gewitterbildung und Aschenauswurf und verharrte unter wechselnder Energie bis Ende Oktober darin. Der Aschenauswurf war zeitweise so beträchtlich, dass in der nächsten Stadt Osorno die Aschendecke bis über fussmächtig anwuchs, auch die Entwickelung der Pinie scheint überaus grossartig gewesen zu sein und mag nach dem Urteile eines chilenischen Topographen die Höhe von 8.5 *km* erreicht haben. Der Vulkan Llaimas ($38\frac{1}{2}$° s. Br.) produzierte während des Dezember Dampf und Asche. — In Kolumbien war im März der Berg Cruixloma bei Popayan wie infolge einer gewaltigen Explosion geborsten und in sich zusammengestürzt, während ungeheuere Erdmassen in die Luft geschleudert wurden. — Die im Jahre 1891 begonnene neueste Eruptionsphase des Vesuv hat sich bis 1893 erstreckt; zwischen dem Hauptkegel und dem Monte Somma hat sich eine massive Lavakuppel gebildet, deren Gipfel 130 *m* über dem Atrio del Cavallo ist.

Auch der Stromboli hat im Jahre 1893 Eruptionen geliefert, eine im Januar unter gleichzeitig heftigem Erdbeben, Auswerfen von Blöcken und rötlichem Sande, und eine zweite im August unter ähnlichen Begleiterscheinungen. — Am Etna traten die 1892 entstandenen Crateri Sylvestri am 1. Februar 1893 in Thätigkeit [1]).

Thoroddsen's neue Forschungen auf Island [2]). Der Reisende hat 1893 die wenig bekannten Regionen zwischen dem Vatnajökull und dem Mýrdalsjökull besucht. Unter Jökull versteht man eine mit Firnschnee bedeckte Bergfläche. Ferner durchreiste er die Gegenden zwischen der Tugná und der Skaptá, über die man bis jetzt nur höchst unvollständige Berichte hatte. Auf den Hochebenen im Norden der Landschaft Sída, zwischen den Flüssen Hverfisfljót und Skaptá, fand Thoroddsen präglaziale doleritische Lava sehr verbreitet. In ihren geologischen Verhältnissen und ihrem Auftreten sind sie den modernen Laven sehr ähnlich, unterscheiden sich von ihnen jedoch dadurch, dass sie überall deutliche Schrammungsspuren tragen, und die obersten Schlackenkrusten meist von den Gletschern der Eiszeit hinweggeführt worden sind. Während der Eiszeit ist dieser Teil des Hochlandes von Island ebenso wie das ganze Land

[1]) Chem. Centralbl. 1894. 2. p. 879.
[2]) Verhdlgn. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1894. Nr. 5. p. 289 u. ff.

von Gletschern bedeckt gewesen. Die Richtung der Schrammen mass Thoroddsen an vielen Stellen. Es zeigte sich, dass diese Richtungen nicht mit denen der nahe gelegenen Gletscher übereinstimmten. Er hatte sich gedacht, dass das Zentrum der Gletscherbewegung in diesen Gegenden damals wie jetzt im Vatnajökull gewesen sei; dies ist jedoch nicht der Fall gewesen, im Gegenteile zeigen die Schrammungsspuren einwärts nach dem Mittelpunkte des Landes hin. Das Binnenlandeis der Vorzeit hat auf die kleineren Unebenheiten keine Rücksicht genommen, und ein mächtiger Eisstrom hat sich vom Inneren des Landes nach aussen durch die Niederung zwischen Mýrdalsjökull und Vatnajökull über die Landschaft Síða abwärts bewegt. Die Eismassen aus dem Inneren sind von der Berggruppe am Fusse des Mýrdalsjökull gespalten worden, so dass der eine Arm des Eisstroms ostwärts nach Síða vorgedrungen ist, der andere aber hinab nach dem südlichen Tieflande an der Thjórsá; das sieht man deutlich an den Schrammen. Das niedrige Küstenland zwischen den Vorgebirgen Hjörleifshöfdi und Ingólshöfdi ist am Schlusse der Eiszeit vom Meere bedeckt gewesen; es wird im Norden überall von steilen Felswänden begrenzt, die deutliche Spuren von der Arbeit des Meeres an sich tragen.

Der Distrikt Vestur-Skaptafellssýsla liegt eingeklemmt zwischen den beiden grossen Firnplateaus Mýrdalsjökull und Vatnajökull, von denen ersterer eine Fläche von 1000 *qkm*, letzterer von über 8000 *qkm* hat. 1891 kannte man sechs Gletscher, die sich von den Firnflächen des Mýrdalsjökull abwärts erstrecken; auf seiner Reise 1893 fand Thoroddsen dreizehn neue Gletscher, von denen einzelne eine bedeutende Grösse haben; der bekannten Randgletscher des Mýrdalsjökull sind also jetzt neunzehn. — »Die Firngrenze am südöstlichen Rande des Mýrdalsjökull liegt 600 *m* über dem Meere (also 300 *m* tiefer, als man früher annahm); der Rand des Katla-Gletschers reicht hier bis 205 *m* über dem Meere hinab. Zwei früher unbekannte Gletscher, die von der Ostseite des Mýrdalsjökull bei den Bergen Sandfell und Einhyrningur herabgehen, haben bezw. 12 und 20 *qkm* Flächeninhalt. Auf der nördlichen Seite des Mýrdalsjökull liegt die Firngrenze höher als auf der Südseite, etwa 1100 *m* über dem Meere, und der Gletscherrand in 700 *m* Höhe. Die Firngrenze auf dem Torfajökull liegt ungefähr in 950 *m* Höhe. Der ganze westliche Rand des Vatnajökull besteht aus einem kolossalen, zusammenhängenden Gletscher (dem Skaptárjökull), dessen Rand einen Bogen von etwa 80 *km* bildet. Aus dem Gletscherrande haben die drei grossen Flüsse Tungná (in 650 *m* Höhe über dem Meere), Skaptá (635 *m*) und Hverfisfljót (655 *m*) ihren Ursprung. Das Gebiet des Gletschers ist ungefähr 5—600 *qkm* gross. Die Firngrenze an der Westseite des Vatnajökull liegt in einer Höhe von etwa 1000 *m*; nach Süden zu senkt sie sich aber, so dass sie am Öraefajökull nur 600 *m* über dem Meere liegt. Aus den gewaltigen Gletschern, die diese Gegenden umgeben, entspringen eine Menge reissende und

wasserreiche Flüsse, die alle eine Masse Lehm hinab zur Küste führen und sämtlich eine trübe Farbe haben, welche von milchweiss bis schokoladenbraun variiert. Das ganze Küstenland in der Vestur-Skaptáfellssýsla besteht aus Grus- und Lehmstrecken, welche in Island »sandlar« genannt werden; die Oberfläche ist jedoch hier und da von Lavaströmen und an einzelnen Stellen von Erdreich bedeckt; wo aber die Gletscherflüsse mit ihren vielen Armen das Flachland überschwemmen, gedeiht kein Graswuchs. Auf der Ebene findet sich daher kein Anbau, ausgenommen, wo sie durch Lavaströme oder auf andere Weise gegen die Einwirkung des Gletscherwassers geschützt ist; die Gehöfte stehen an den Bergseiten, wohin das Gletscherwasser nicht gelangen kann, und meist ist eine scharfe Grenze zwischen den grasbewachsenen Bergabhängen und der kahlen Ebene unten. Die sogen. ‚sandar‘ in der Vestur-Skaptafellssýsla haben ein Areal von 1930 *qkm*; ihre Hauptmasse besteht aus Grus und Lehm, den die Flüsse herabgeführt haben; doch haben auch andere Materialien bedeutenden Anteil an ihrer Zusammensetzung, besonders vulkanische Schlacken und Flugsand. Der Flugsand besteht wieder aus drei Elementen: vulkanischer Asche, trockenem Gletscherlehme und Palagonitstaub, der ein Produkt der Verwitterung der Tuffelsen ist. Die Arme der Gletscherflüsse verbreiten sich in unzähligen Verzweigungen über grosse Flächen und setzen so durch ihre unaufhörliche Arbeit gewaltige Massen Grus und Lehm ab; zuweilen verursachen auch mehrere von ihnen (z. B. die Jökulsá á Sólheimasandi und die Djúpá) bedeutende Überschwemmungen, indem das Wasser oben im Gletscher zu grossen Seen aufgestaut wird, dann die Dämme plötzlich brechen, und das schlammige Gletscherwasser grosse Gebiete überschwemmt. Es lässt da oft eine beträchtliche Menge Lehm zurück, auch werden unter solchen Umständen durch die reissende Kraft des Stromes grosse Blöcke zum Flussbette hinabgeführt. Wenn die unter den Gletschern verborgenen Vulkane Ausbrüche haben, verändern sich die Sandstrecken sehr; grosse Areale werden von Wasserfluten überschwemmt, in denen unzählige hausgrosse Eisstücke herumschwimmen. Diese Wasserfluten führen grosse Massen Grus, Lehm und vulkanische Schlacken hinab ins Tiefland. Solche Katastrophen ereignen sich oft auf dem Mýrdalssandur und dem Skeidarársandur, welche unterhalb von Vulkanen liegen, die häufige Ausbrüche haben. Auf dem Mýrdalssandur finden sich mehrere bedeutende Wasserläufe, die sich jedesmal verändern, wenn die Katla einen Ausbruch hat; es werden dann so grosse Massen von vulkanischem Gruse abwärts geführt, dass die meisten Unebenheiten ausgeglichen und die Flussbetten ausgefüllt werden, so dass sich die Flüsse nach jedem Ausbruche neue Betten bilden müssen. Beim Ausbruche der Katla am 11. Mai 1721 wurde eine solche Masse Eisberge hinaus ins Meer geführt, dass man von den höchsten Bergen der Umgegend nicht über die Eisfelder, die das Meer bedeckten, hinwegsehen konnte, und fast nirgends eine Wake zu erblicken war.

Die äussersten Eisberge blieben etwa drei Seemeilen vom Lande auf einer Tiefe von 130—150 *m* stehen. Die Wasser- und Eisflut hatte auf dem Mýrdalssandur am Höfdabrekkufjall (fjall = Berg) eine Tiefe von 100 *m*, und beim Vorgebirge Hjörleifshöfdi spülte sie eine 38 *m* hohe Felsspitze fort; bei dem Ausbruche von 1755 entstanden auf dem Mýrdalssandur zwei 20 *km* lange und 40 *m* hohe Rücken von Grus und Eis u. s. w. Seit dem Ausbruche von 1860 ist der Mýrdalssandur mit dicken Schichten vulkanischer Asche und Schlacken bedeckt. Gerollter Schotter ist nur in den Flussbetten zu sehen. Der Skeidarársandur dagegen ist auf der Oberfläche mit Gletschergrus und Lehm bedeckt.

In diesen Gegenden giebt es zwei Arten Vulkane: solche, die unter dem Eise der Gletscher verborgen sind, und andere, die offen zutage liegen. Die Vulkane, die unter den Firnflächen des Vatnajökull und des Mýrdalsjökull verborgen liegen, sind nur unmittelbar nach einem Ausbruche zugänglich und werden dann sogleich wieder von Schnee und Eis bedeckt. Im Mýrdalsjökull kennt man zwei Ausbruchsstellen, den Eyjafjallajökull, der in historischer Zeit zwei Ausbrüche, und die Katla, die deren zwölf gehabt hat. In demjenigen Teile des Vatnajökull, der an diese Gegenden grenzt, kennt man mit Sicherheit nur eine Ausbruchsstelle (Grímsvötn?) nördlich vom Skeidarárjökull. Keiner der eisbedeckten Vulkane hat, soviel man weiss, Lavaströme hervorgebracht, sie haben immer nur Aschen-eruptionen gehabt. Die anderen Vulkane in diesen Gegenden sind ohne Ausnahme Spaltenvulkane, entweder offene Spalten ohne Kraterbildung oder mit Lava zugedeckte Spalten mit langen Reihen kleiner Krater; diese Vulkane haben grosse Lavaströme hervorgebracht, die zusammen ein Areal von etwa 1400 *qkm* haben. Der merkwürdigste unter ihnen ist die grosse Spalte, die Thoroddsen zwischen Skaptá und Tungná entdeckte, und die den Namen Eldgjá (Feuerschlund) erhielt. Dieser ungeheuere vulkanische Riss, der sich vom Mýrdalsjökull bis zum Berg Gjátindur mit einer durchschnittlichen Richtung von N 40° O erstreckt, hat eine Länge von 30 *km* und eine Tiefe von 130 bis 200 *m*. Da, wo die offene Spalte im Süden der Svartahnúksfjöll endet, wird sie bis zum Mýrdalsjökull von einer Reihe niedriger Krater fortgesetzt. Diese Spalte hat an drei verschiedenen Stellen grosse Lavaströme ausgegossen, von denen der südlichste bis hinab zum Meere reicht; sie haben zusammen eine Grösse von 693 *qkm*. Durch ein kritisches Studium der ältesten historischen Quellenschriften ist Verfasser zu dem Ergebnisse gekommen, dass die Spalte wahrscheinlich ums Jahr 900 n. Chr. sich gebildet und ihre Lavaströme ergossen hat. Die Lavaströme haben auf die Gestaltung des Landes, den Verlauf der Küste und die Richtungen der Flüsse einen sehr bedeutenden Einfluss gehabt. Auch in der Landschaft Fljótshverfi haben bedeutende Lavaströme das Tiefland überschwemmt; sie sind in zwei Lavafällen bei den Flüssen Brunná und Djúpá von den Bergen gestürzt. Von ihrem Ursprunge

wusste man nichts, aber es glückte Thoroddsen, ihre Ausbruchsstelle zu entdecken: die unbekannten Gebirgsgegenden am Rande des Vatnajökull. Die Kraterreihe, aus der sie stammen, liegt 550 *m* über dem Meere und erhielt den Namen Raudhólar. Die Lavaströme, welche dieser Kraterreihe entquollen sind, haben ein Areal von 110 *qkm*.

Der Ausbruch von 1783 ist bekanntlich einer der grössten und verderblichsten, die jemals Island heimgesucht haben. Zwei grosse Lavaströme flossen aus einer Spalte in den Wüsteneien zwischen Skaptá und Hversfisfljót zum bewohnten Lande hinab, und die Lava und der Aschenfall brachten furchtbares Unglück über das Land; die Kraterspalte, die den Berg Laki durchklüftete, ist berühmt geworden wegen der enormen Lavamassen, die in kurzer Zeit aus der Erde quollen. Da die Ausbruchsstelle weit von menschlichen Wohnungen entfernt in öden Gegenden liegt, und die Lavaströme sich in mehreren Armen über fast unbekannte Teile des Hochlandes ausgebreitet haben, so ist die Ausdehnung der Lavaströme in der Wildnis bisher sehr wenig bekannt gewesen.«

Bei der Kraterreihe und den Lavaströmen des Laki hielt sich Thoroddsen einige Wochen bei ausgezeichnetem Wetter auf, so dass er Gelegenheit hatte, diese Gegenden in die Kreuz und Quere zu durchreisen und den Laven in alle ihre Verzweigungen zu folgen. »Die Kraterreihe erstreckt sich in der Richtung N 40° O von dem Berge Hnúta beim Varmárdalur bis zum Rande des Vatnajökull und hat eine Länge von etwa 30 *km*; sie besteht aus etwa 100 Kratern von 20 bis 100 *m* Höhe. Die Spalte hat augenscheinlich vor 1783 einen Ausbruch gehabt, wahrscheinlich zu Beginn des 10. Jahrhunderts. Die Kraterreihe des Laki bildet zunächst dem Vatnajökull die Wasserscheide zwischen Skaptá und Hverfisfljót; die Wasserscheide ist erst bei der ersten Eruption der Spalte entstanden, zuvor hat der grösste Teil der Wassermasse des Flusses Hverfisfljót sich in die Skaptá ergossen, und das Hverfisfljót hat nur als kleiner Bach existiert. Der letzte Ausbruch aus der Kraterspalte des Laki im Jahre 1783 dauerte vom 9. Juni bis Ende Oktober; in dieser Zeit spie die Kraterspalte Lavaströme aus, die ein Areal von 565 *qkm* und ein Volum von $12\,^1/_3$ *ckm* haben, und die ausgeschleuderten Aschen- und Schlackenmassen haben wenigstens ein Volum von 3 *ckm* gehabt. Ältere Angaben über die Grösse und den Kubikinhalt der Lavaströme sind sehr übertrieben. Die grossen Lavaströme hatten einen bedeutenden Einfluss auf die Richtungen der Flüsse und brachten manche Änderungen in der Landschaft, besonders Sída und Medalland, zuwege.«

Die bekannten Geysire auf Island sind nach den neuesten Schilderungen von O. Cahnhei[1]) im ihrer Thätigkeit in Vergleiche zu früher erheblich schwächer geworden. Verfasser sagt: »Die ge-

[1]) Verhdlg. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1894. Nr. 5. p. 265.

waltigen Eruptionen des grossen Geysir haben sich, während sie früher täglich mehrere Male stattfanden, im Laufe der Zeit wesentlich verändert, so dass es uns trotz dreimaligen Aufenthaltes daselbst nicht gelang, das Schauspiel zu sehen. Ab und zu erfolgen heftige unterirdische Stösse, wodurch der ganze Erdboden erzittert, mit gewaltigem, dumpfem Donnern vom Erdinneren aus verbunden; darauf füllt sich das Becken unter Aufschäumen bis zum Rande, und das siedende Wasser läuft über den sanft abfallenden Sinterkegel. Der Strokkr, dessen Niveau nicht bis an die Oberfläche gelangt, und dessen Röhre bedeutend enger und kürzer ist als die des Geysir, hat gar keine Spontaneruption mehr. Es müssen grosse Torf- und Rasenstücke in den Schlund versenkt werden, dort kochen sie mehrere Stunden, indem sie langsam in die Tiefe sinken; plötzlich erfolgt eine mächtige Explosion einer wohl 35 *m* hohen Wassersäule, wobei die hineingeworfenen Erdstücke zerkocht herausgeschleudert werden.«

Über die räumliche Anordnung der mexikanischen Vulkane macht Karl Sapper aus eigener Anschauung einige Bemerkungen[1]). Im Gegensatze zu Felix und Lenk und in Übereinstimmung mit A. v. Humboldt kommt er zu der Überzeugung, dass Nevado de Toluca, Ajusco, Popocatepetl, Maliuche und Pik von Orizaba als Glieder ein und derselben Spalte anzusehen sind. Diese Vulkane, sagt er, bilden in so auffälliger Weise eine zusammengehörige Reihe, dass es gekünstelt erscheint, wenn Felix und Lenk, ihren tektonischen Anschauungen zu Liebe, diesen Zusammenhang teilweise zerreissen wollen. Allerdings würden die grossen Vulkane von einer ziemlich ansehnlichen Zahl von Begleitvulkanen (2. Ordnung) umschwärmt, allein der Grössenunterschied zwischen diesen und den ersteren Bergriesen sei so beträchtlich, dass man die letzteren wohl nur als Trabanten ansehen könne. Die westlichen Vulkane Mexikos, die Verfasser nicht aus eigener Anschauung kennt, und über die er nur auf Grund der besten, teilweise noch nicht veröffentlichten Karten urteilen kann, scheinen ihm in zwei parallelen Linien angeordnet; einer kürzeren, südlichen, gekrümmten Spaltenlinie läuft eine längere, nördliche, gleichfalls krumme Bruchlinie parallel, und letztere ist nichts anderes als die Fortsetzung der östlichen Vulkanreihe. Die Spalte läuft von dem Vulkane von Tuxtla im Osten bis zu dem Vulkane de San Juan nach der Westküste von Mexiko. Eine analoge Anordnung der Vulkane findet Verf. in Guatemala. In beiden Ländern findet man die Vulkanreihe parallel zur älteren (jungmesozoischen oder alttertiären), auf langen Spalten entquollenen Eruptionsmassen angeordnet, und zwar streckenweise zu beiden Seiten eines solchen Eruptionszuges. Hier wie dort findet man ferner kurze Seitenspalten, welchen Vulkane, öfters zu Geschwisterbergen zusammengedrängt, aufruhen.

---

[1]) Zeitschr. d. deutschen geolog. Gesellschaft **45.** Heft 10 p. 574.

Kratertypen in Mexiko und Guatemala schildert auf Grund eigener Erfahrungen Karl Sapper[1]). »Man kann,« sagt er, »die Kraterformen am einfachsten nach dem Materiale unterscheiden, aus welchem die Kraterwände erbaut sind — wobei natürlich von petrographischen Verschiedenheiten ganz abgesehen sein soll. Je nachdem die Wände aus zusammenhängend festem Gesteine (Fels) oder aus lockerem Materiale (Asche und Lapilli) oder teils aus festem, teils aus lockerem Materiale bestehen, leisten sie der umgestaltenden Thätigkeit der Luftströmungen und der Erosion, sowie den Äusserungen fortdauernder vulkanischer Thätigkeit verschieden starken und verschiedenartigen Widerstand, so dass sich verschiedene Typen mit charakteristischen Eigentümlichkeiten auch später noch unterscheiden lassen, wie sich schon anfänglich je nach der Art des Materials verschiedenartige Kratergestalten bilden.

Ein wohlerhaltener Aschen- oder Lapillikrater zeichnet sich durch trichterförmige Kraterwände von ziemlich gleichförmiger, verhältnismässig flacher Neigung aus; ein wohlerhaltener Felskrater ist durch steile Wände charakterisiert, welche sich jäh gegen den flachen Kraterboden absetzen; der gemischte Typus vereinigt bei guter Erhaltung des Kraters beide Eigentümlichkeiten, wie z. B. der Tajumulco-Krater, dessen Ostwände aus Fels bestehen, während die westlichen Wände aus lockerem Gesteinsmateriale aufgebaut sind.

Unter den geologischen Faktoren, welche für die Umgestaltung der ursprünglichen Kraterformen am bedeutungsvollsten sind, stehen Windströmungen und Erosion in erster Linie. Andere Faktoren, wie chemische Zersetzung, Verwitterung, mechanische Loslösung durch Frost (wichtig bei den in die Region des Schneefalls hineinreichenden Vulkanen) oder Insolation u. s. w. bringen keine physiognomisch so hervorstechenden Veränderungen der Krater hervor wie die vorher erwähnten Agenzien. Die Umgestaltungen durch fortdauernde Äusserungen vulkanischer Kräfte sind aber örtlich so verschieden, dass sie sich allgemeinen Gesetzen nicht leicht unterordnen lassen.«

Bei den dem Verf. bekannten Vulkanen von Guatemala und Mexiko ist die Thätigkeit der Windströmungen viel bedeutender für die Umgestaltung der Krater als die Erosion, und Verf. berücksichtigt daher ausschliesslich nur diese ihm aus eigener Erfahrung bekannten Verhältnisse. »Am schnellsten unter allen Kratertypen verlieren Aschenkrater ihre ursprüngliche Form: Verwehungen, in Verbindung mit Einsturz und Abrutschungen der Wallränder, verursachen eine immer stärkere Verflachung und Erweiterung des Kraters, rasche Erniedrigung, bald auch teilweise Abtragung der Umwallung. Die Kraterränder sind endlich so verflacht, dass nur noch eine wulstförmige Umwallung zu beobachten ist (tellerförmige Krater, wie am Vulkane von Monterico), oder dass überhaupt nur

---

[1]) Petermann's Mitteilungen 1894. p. 82 ff.

noch undeutliche Reste übrig bleiben (so am mittleren Atitlan-Vulkane, am San Antonio, am Amayo, an den südlichen Begleitvulkanen des Chingo), oder dass die den Krater ursprünglich bildenden lockeren Bestandteile überhaupt verschwinden, und nur noch das felsige Gerüst eines scheinbar homogenen Vulkans übrig bleibt (so entstanden vielleicht die Vulkane von Culma, Cerrito, de Oro, Santa Maria und Tacaná.)

Lapillikrater zeigen ein ganz ähnliches Verhalten wie die Aschenkrater, jedoch dem gröberen Korne entsprechend auch grössere Widerstandskraft gegen äolische Abtragung und gegen Erosion. Ein typischer Lapillikrater ist nach Beschreibung von Dollfus und Montserrat der Krater des südlichen grossen Atitlan-Vulkans. Der Krater des thätigen Pacaya-Kegels gehört gleichfalls zu diesem Typus, weist aber Übergänge zu dem eines Felskraters auf, indem die Lapilli vielfach durch Schmelzvorgänge miteinander zu festem Gesteine verkittet sind.

Gemischte Krater, d. h. solche, deren Wände teils aus festem Gesteine, teils aus lockerem Materiale bestehen, sind sehr häufig. Der Teil der Kraterwände, welcher aus festem Fels besteht, giebt in ziemlicher Treue die ursprüngliche Gestaltung des Kraters wieder, während der aus Asche oder gröberem Gesteinsschutte bestehende Teil in ähnlicher Weise der allmählichen Zerstörung entgegengeht wie reine Aschen- oder Lapillikrater, freilich im allgemeinen langsamer als diese, da der felsige Teil der Wandung einen gewissen Schutz gewährt. Am Hauptkrater des Tajumulco beobachtet man, dass der aus lockerem Materiale bestehende Teil der Umwallung bereits eine tiefe Einsenkung aufweist, während die südöstliche Seitenkuppe dieses Vulkans nur eine halbkreisförmige Felswand ist, der Überrest eines Kraters, dessen jenseitige Wandung vollständig zerstört und fortgeführt worden ist. Es ist wahrscheinlich, dass die meisten teilweise zerstörten Krater, bei welchen der erhaltene Teil aus festem Gesteine besteht, ursprünglich zum Typus der gemischten Krater gehörten, und dass eben der aus lockerem Materiale bestehende Teil der Wandung durch Wind und Erosion entfernt wurde. So dürften die Krater des Nevado de Toluca, des Ipala, des Chingo, des Moyuta ihre heutige Gestaltung erhalten haben.

Am treuesten bewahren reine Felskrater ihre ursprüngliche Gestalt, soweit wenigstens die Kraterwände in Betracht kommen. Dagegen ist der oberhalb derselben zur Ablagerung gelangende Aufschüttungskranz, der aus lockeren Auswürflingen zu bestehen pflegt und bei allen wohlerhaltenen Felskratern angetroffen wird, denselben Umgestaltungen unterworfen wie die Ränder der Aschen- und Lapillikrater, und ausserdem bildet sich am Fusse der Kraterwände in jedem Felskrater ein mehr oder minder stark entwickeltes unteres Schuttband allmählich heraus; je stärker dies untere Schuttband entwickelt ist, desto mehr verschwindet die scharfe Grenze zwischen Kraterwand und Kraterboden, desto mehr nähert sich der einst schlotförmige Krater der Kesselform.

Kesselform zeigt z. B. der Krater des Popocatepetl, welcher allerdings den Typus nicht rein darstellt, indem lockere, mit den Felsbänken abwechselnde Lapillibänkchen auftreten, welche verwitterten und so statt eines einfachen Steilabfalles treppenförmige Absätze hervorriefen; die unaufhörlich niedergehenden Steinschläge vergrössern das untere Schuttband des Popocatepetl langsam von Tag zu Tag.

Bei weit vorgeschrittener Zerstörung wächst das untere Schuttband so sehr an, dass ein grosser Teil der Steilwände darunter verschwindet, dass der jähe Böschungswechsel am Fusse derselben sich mehr und mehr verliert, und schliesslich unter Umständen nur noch eine niedrige Felswand übrig bleibt. Unter solchen Umständen, welche z. B. am Krater des nördlichen Atitlan-Vulkans zu beobachten sind, mag man wohl im Zweifel sein, ob man es mit einem Felskrater mit stark entwickeltem unteren Schuttbande oder aber mit einem wohlerhaltenen Lapillikrater zu thun hat. Man sieht demnach, dass auch bei den Felskratern bei vorherrschendem Einflusse der Windströmungen allmählich Verflachung des Kraters nebst Erniedrigung der Wallränder eintritt, wie bei Aschen- oder Lapillikratern, wenn auch allerdings sehr viel langsamer.

Bei den Kratern, welche bereits einen gewissen Grad der Zerstörung erreicht haben, befinden sich gewöhnlich die tiefsten Einsenkungen ungefähr in der Richtung der jeweiligen Längsaxe, gleichviel, welcher Kratertypus es auch sei. Es ist dies eine auffällige, gewiss nicht bloss zufällige Erscheinung, über deren Ursache Verf. keine zufriedenstellende Erklärung geben kann. Diese tiefsten Einsenkungen stellen sich häufig als eigentliche Breschen der Kraterwand dar. Bald zeigt sich eine einzige derartige Bresche, bald mehrere (gewöhnlich zwei), und in letzterem Falle liegen häufig beide ungefähr in der Richtung der Längsaxe. In Gebieten, wo starke Luftströmungen herrschen, mag daher, weil eine derartige Bresche zugleich der leichteste Weg für die äolische Abtragung ist, die Längsstreckung des Kraters nach jener Richtung hin erst die Folge des Vorhandenseins der Bresche sein, oder kurz gesagt: die Kraterlängsaxe zeigt in solchem Falle den Hauptweg der Windströmungen an. Wo zwei deutliche Breschen der Kraterumwallung vorhanden sind, ist gewöhnlich die eine viel tiefer als die andere.

Beispiele für das Auftreten zweier Umwallungseinsenkungen ungefähr in der Richtung der Längsaxe sind: Ipala, Chingo, Moyuta, Agua, Nevado de Toluca, Orizaba, ursprünglich auch Cerro quemado und Popocatepetl.«

Der Ausbruch des Vulkans Calbuco in Chile, der im Februar 1893 begann, wird von R. Pöhlmann geschildert[1]). Bis dahin kannte man kein Lebenszeichen dieses 1691 *m* hohen Vulkans.

[1]) Ann. de la Univers. de Chile 1893 Diciembre.

Die Hauptausbrüche fanden statt am 19. April und 5. September, wobei ungeheuere Aschenmassen ausgeworfen wurden. Den mikroskopischen Untersuchungen zufolge bestehen dieselben aus augitischen und hypersthenischen Andesiten, während der Glas- und Obsidiangehalt der Aschen äusserst gering ist.

Dr. Steffen macht nähere Mitteilungen über den Ausbruch [1]), denen folgendes entnommen ist:

»Am 19. April, nachmittags $3^1/_2$ Uhr, erhoben sich plötzlich gewaltige Dampf- und Rauchsäulen, und man konnte beobachten, dass an der SO-Seite des Vulkans reichliche Niederschläge vulkanischen Sandes fielen. Zu gleicher Zeit ergossen sich an der Ostseite des Berges die abgeschmolzenen Schneemassen in breiten Strömen hernieder und liessen den Rio Hueñu-Hueñu, einen Nebenfluss des Rio Petrohue, der auf dem Ostabhange des Calbuco entsteht, dermassen anschwellen, dass er ein etwa 1 *km* breiter Strom wurde und die an seinem Ufer gelegenen Häuschen der »vaqueros« und grosse Strecken Wald hinwegschwemmte. Die Wälder am Ostfusse des Berges wurden in weiter Ausdehnung mit schwarzem Schlamm bedeckt. Durch den Schlamm des Hueñu-Hueñu wurde auch der grosse Rio Petrohue, der sonst das smaragdgrüne Wasser des Todos los Santossees führt, bis zu seiner Mündung an den Schlammbänken von Ralun vollständig gefärbt.

Vom 28. April, 6 Uhr nachmittags, wurde gemeldet, dass die Kolonisten an der »Ensenada«, d. h. an der südöstlichen Ausbuchtung des Llanquihuesees, eine Erderschütterung mit starkem, unterirdischem Geräusche wahrnahmen. Ebenso wurde am 4. Juni, $6^1/_4$ Uhr morgens, Erdbeben, und um 9 Uhr vormittags unterirdisches Geräusch in Puerto Montt und Umgegend bemerkt. Nebenher gingen Nachrichten von auffälligen meteorologischen Erscheinungen: am 27. Februar, 12. Mai und sehr häufig während des Monats Juli wurde starkes Blitzen und Donnern über der Kordillere, besonders rings um den Calbuco, wahrgenommen, während diese Erscheinungen sonst in dieser Jahreszeit sehr selten sind. Der Calbuco fuhr während des ganzen Zeit fort, aus verschiedenen Punkten seines Kraters Rauch- und Dampfwolken auszustossen, doch wurden Feuererscheinungen oder Ausbrüche von Lava nicht bemerkt.«

Der Vulkan Mfumbiro, westlich vom Viktoria Njansasee, ist im Juni 1894 von Graf von Götzen erstiegen worden [2]). Dieser Berg wurde zuerst 1861 von Specke und später von Stanley gesehen, aber erst Emin Pascha und Dr. Stuhlmann erkannten ihn als thätigen Vulkan. Er besteht eigentlich aus fünf Bergmassiven, von denen das östlichste den Namen Mfumbiro (oder Ufumbiro) führt, während der westlichste Kegel den thätigen Vulkan bildet und bei

---

[1]) Verhdlgen. der Ges. f. Erdkd. zu Berlin 1894. Nr. 1. p. 85 u. ff.
[2]) Deutsches Kolonialblatt 1894. Nr. 23.

den Eingeborenen den Namen Kironga tsha gongo (d. h. Opferplatz) führt. Graf von Götzen ermittelt seine Höhe zu 3420 *m*. Südlich davon dehnt sich der grosse Kivosee aus.

Ausbruch des Gunung Awu. Dieser 1500 *m* hohe Vulkan der Insel Sangi (bei Celebes) hatte am 7. Juni 1892 einen sehr heftigen Ausbruch, welcher in Aschen- und Bimssteinmassen und Absturz von mächtigen Schlammströmen bestand. Die Eruption trat plötzlich, ohne Vorboten ein, äusserte sich zuerst in dem Aufsteigen einer gewaltigen Rauchsäule mit Gewitterentladungen, ging dann in einen Aschen- und Bimssteinregen über und dauerte etwa 4—5 Stunden. Bald nach Beginn der Eruption ergossen sich siedend heisse Schlammströme, Schwefelwasserstoff und schweflige Säure aushauchend, die Flanken des Berges herab, zahlreiche Bewohner begrabend und erstickend. 1532 Menschen kamen dabei ums Leben. Die Bildung dieser Schlammströme ist wohl einer gleichzeitigen Entleerung des Kraterbeckens zuzuschreiben. Trotz der grossen Schlammmassen ist der Kraterboden, jetzt nach der Eruption, gar nicht so umfangreich, etwa 200 *qm* gross, und der Krater selbst nur 50 *m* tief, vielleicht durch zurückgefallene Massen wieder angefüllt. Diese Schlammmasse bestand nach einer Probe aus einem Gemenge von vulkanischer Asche und Bimssteinstücken, dem sich Fragmente von kompakten Augit- und Hornblendeandesiten zugesellen — dieselbe dürfte verhärtet den Habitus des Trass aus dem Brohlthale annehmen, den man ja auch als Produkt eines Schlammausbruches bezeichnet hat[1]).«

Der Lavasee im Kilauea auf Hawai. Nach einem Berichte der »Hawaian Gazette« vom 24. Juli 1894 hat dieser Feuersee grosse Veränderungen erlitten. Nach dem letzten grossen Einbruche des Kraterbodens im März 1891, als eine 2500′ lange und 2000′ breite Fläche in einer Nacht um mehr als 500′ hinabsank, ist die Lava beständig gestiegen. Gegen Ende des letzten Jahres wurde die so entstandene Grube durch das Steigen und Überfliessen des Sees ausgefüllt. Die Thätigkeit des Sees ist seitdem gesteigert; an 23 Überflutungen der flüssigen Lava fanden an einem einzigen Tage statt, und die den See einschliessenden Wände sind durch die beständigen Überflutungen rasch erhöht worden. Nach genauen Messungen war der äussere Rand des Sees 282′, und die Oberfläche des Sees 240′ unter dem Niveau des Vulkanhauses. Im März 1894 befand sich die Oberfläche des Sees 207′ über dieser Linie, war also in 19 Monaten um 447′ gestiegen. Die interessantesten Beobachtungen aber beziehen sich auf den Einbruch des Sees, der im letzten Juli stattfand. Am 11. Juli begann die Lava beständig zu sinken; ihre Oberfläche fiel um etwa 20′ in der Stunde. Infolge

---

[1]) Zeitschr. d. Dtsch. geol. Ges. **45.** p. **542** u. ff.

dieses Sinkens gaben die Ufer nach. Vom Mittag bis 8 Uhr abends war kaum ein Augenblick, wo nicht das Krachen der sinkenden Ufer gehört wurde. Mit dem Fallen der Seeoberfläche nahm die Bewegung im See beständig zu, da immer grössere Felsen in ihn hineinstürzten. Massen von 200—500′ Länge, 150—200′ Höhe und 20—30′ Dicke lösten sich von den anstossenden Felsen los und fielen mit fürchterlichem Getöse unter einer dicken Wolke von Dampf und Staub in den kochenden See, so dass die Lava hoch aufschlug, und mächtige Wellen über den See fegten und an die Klippen anschlugen wie Sturmwogen an die Meeresufer. Viele der stürzenden Felsen wurden sogleich von dem See verschlungen, wenn aber so grosse Massen, wie oben angegeben, herabfielen, so sanken sie nicht sofort, sondern trieben als grosse schwimmende Felseninseln über den See. Etwa um 3 Uhr wurde eine Insel dieser Art gebildet, die man auf ungefähr 125′ Länge und 25′ Breite schätzte, und die sich 10—15′ über die Seeoberfläche erhob. Kurz darauf stürzte ein anderer grosser Felsen hinab und verschwand zunächst unter der Lava, ein paar Minuten später aber tauchte ein Stück von ihm, das etwa 30′ im Durchmesser hatte, 10—15′ weit empor, wobei die geschmolzene Lava von seiner Oberfläche herabströmte und, rasch erkaltend, ihm das Aussehen eines grossen rosenfarbigen Gewandes gab, dessen Farbe sich in Schwarz verwandelte. Um 8 Uhr abends hatten beide schwimmende Inseln ihr Aussehen nur wenig geändert, aber am anderen Morgen waren sie verschwunden. Man beobachtete, dass, wenn die Felsenstürze eintraten, die freigelegte Oberfläche rotglühend zurückgelassen wurde. Zuweilen fiel eine grosse Masse als eine zusammenhängende Wand nach vorn; in anderen Fällen sank sie einfach zusammen und glitt in den See; dann wieder brachen ungeheuere Geröllstücke, so gross wie ein Haus, einzeln und in Gruppen los und sprangen weit hinaus in den See. Man glaubt, dass dies der erste Einbruch des Kilauea ist, der in Gegenwart von Beobachtern stattgefunden hat; die vor 1868 traten vor Errichtung des Vulkanhauses ein, und die von 1868, 1886 und 1891, sowie mehrere kleinere fanden alle zur Nachtzeit statt, als niemand anwesend war.

6. Erdbeben.

Die Erdbeben von Theben (1893) und Lokris (1894) sind von Prof. C. Mitzopulos genauer studiert worden[1]). Er kommt dabei zu dem Ergebnisse, dass dort zwei Erdbebengebiete zu unterscheiden sind, das böotische und das euböische, welche fast ganz unabhängig voneinander erscheinen.

Was das Erdbeben von Theben (1893) anbelangt, so werden die beiden Teile, in welche die grosse böotische Niederung zerfällt, durch eine Verwerfung voneinander getrennt, die, von O nach W

[1]) Petermann's Mitteilungen 1894 S. 217 u. ff.

streichend, die Hügelreihe von Theben bildet. Diese Bruchlinie ist auch eine Erdbebenlinie, nach des Verfassers Meinung von dem euböischen Gebiete ganz unabhängig, und in ihr liegen die Epizentren, von denen aus in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts Theben zweimal zerstört wurde (am 18. August 1853 und 23. Mai 1893). Die ersten leichten Stösse begannen im Januar 1892, im März 1893 wurden sie stärker, am 27. März wurde ein Teil von Theben zerstört, am 22. Mai trat ein starker Stoss ein, am 23. endlich die Hauptkatastrophe, die von 1200 Häusern nur 200 unbeschädigt liess. Der Stoss wurde 10^{h} 2^{m} abends in Athen als stark notiert und war dort von unterirdischem Getöse begleitet. Auch nach dem Stosse blieb der Boden Thebens noch in Bewegung. Das erschütterte Gebiet berechnet Verfasser zu 102000 *qkm*. Auf Grund seiner örtlichen Untersuchungen sagt er: »Die Brüche und Risse der Häuser und die Lage der umgestürzten Gegenstände gaben ein so chaotisches Bild, dass man nirgends einen Anhaltspunkt finden konnte, um die Art der Stösse zu unterscheiden. Nach meiner Überzeugung waren alle diese Stösse kompliziert, d. h. zugleich vertikal und wellenförmig in der Richtung O—W und NO—SW. Da die Stossrichtungen in Athen, Eleusis, Kriekuki, Kaskaveli, Atalanti und Chalkis nach Theben weisen, so bin ich berechtigt, zu sagen, dass das Epizentrum aller dieser Stösse nicht weit vom Hügel Kadmeia liegt, und zwar auf der Bruchlinie, die das Tertiär von der Tiefebene trennt.

Während dieser ganzen seismischen Periode wurden die Stösse in Theben immer von unterirdischem Getöse begleitet, das auf die Einwohnerschaft einen schrecklichen Eindruck machte. Die Bewohner von Theben, Pyri, Hagii Theodori und anderen Ortschaften versicherten mir, dass das Epizentrum auf dem Berge Helikon liege, da sie von dort den unterirdischen Knall kommen hörten. Dieser war aber nach meiner Meinung nur der Widerhall aus den tiefen Thälern des Helikon.

Die Fortflanzungsgeschwindigkeit der seismischen Welle war mir unmöglich zu bestimmen, dagegen gelang es mir, die Tiefe des Mittelpunktes nach der Mallet'schen Methode annähernd zu berechnen. Die Zerstörungen beschränkten sich, wie gesagt, nur auf Theben, Pyri und Hagii Theodori, obwohl die Alluvialebene bis nach dem Kopais sehr stark erschüttert wurde. Man erzählte mir, dass am Kapaissee der Stoss so gewaltig war, dass die Leute, die nebeneinander standen, mit Gewalt aufeinander stiessen, wie wenn sie in einem von Wogen gepeitschten Schiffe ständen. Das Merkwürdigste aber war, dass Wassermühlen in der Tiefebene unbeschädigt blieben, obwohl der Boden sehr locker ist. Nur in Erimokastron (bei Thespiä) fand ich eine Spalte an der Nordwand der Kirche, aus deren Winkel ich die Tiefe des Erdbebenzentrums bis zu 12000 *m* veranschlagen kann.

Daraus ersieht man, dass das letzte Erdbeben von Theben nicht so verheerend wirkte wie das von 1853, denn damals nahmen

auch Chalkis und Thespiä grossen Schaden, und nur Atalanti und die auf der Larymnischen Halbinsel liegenden Ortschaften blieben unberührt. Deshalb bin ich geneigt, anzunehmen, dass die Erdbeben von Theben ganz selbständig sind und von einer und derselben Bruchlinie ausgehen.«

Das grosse Erdbeben von Lokris im April 1894 hatte nach Prof. Mitzopulos sein Epizentrum am Grunde der Meerenge von Larymna. Der Stoss vom 20. April, der ganz Griechenland erschütterte, brach plötzlich, ohne voraufgehendes leichtes Erzittern herein, nach den Angaben des Athener Seismometers um 6^h 52^m abends. Die Erschütterung breitete sich bis nach Candia aus über einen Raum von 1884000 *qkm* Fläche. Leichte, nur durch die Apparate angezeigte seismische Wellen gelangten bis nach Wilhelmshaven. Nach dem grossen Stosse setzten sich die Bodenerzitterungen in Griechenland noch Monate lang fort. Verf. berichtet über seine Wahrnehmungen an Ort und Stelle folgendes: Der Schauplatz der Katastrophe war in Lokris, der erste verheerende Stoss brach plötzlich herein. Alle Städtchen und Ortschaften der Provinz Lokris sind zerstört oder haben grossen Schaden erlitten. Sehr beschädigt wurden auch die Städte Chalkis, Theben, Levadia und fast alle Ortschaften der gleichnamigen Provinzen, welche auf Neogen und Alluvium liegen. Der Stoss war wellenförmig und kam von Osten, d. h. vom Meere her. »Das Gebiet der grössten Intensität umfasst nur die Larymnische Halbinsel und die anliegende Ebene von Atalanti und bildet ungefähr eine langgestreckte Ellipse von 30—35 *km* Länge und von 8—10 *km* Breite. Das Epizentrum aller Stösse lag auf dem Grunde der Meerenge zwischen Kandili und der Larymnischen Halbinsel innerhalb eines Kreisbogens von 15—20 *km* Länge. Das Gebiet teilweiser Zerstörung erstreckte sich auch auf die benachbarten Provinzen von Levadia, Theben, Chalkis und Xerochorion, soweit der Boden aus Alluvium und Tertiär besteht. Ausnahmsweise wurden auch die Stadt Chalkis, die auf Serpentin erbaut ist, und Limni stark beschädigt, da sie sehr nahe dem Epizentrum liegen. Dagegen haben Ortschaften und Gebäude, welche auf Kreideschichten besonders Kalkstein, stehen, wenig oder gar keinen Schaden erlitten, obwohl auch sie stark erschüttert wurden und in der Nähe von zerstörten Dörfern liegen: so z. B. ein schlechtgebautes Kirchlein auf dem Gipfel eines bewaldeten Inselchens unweit von Kato Pelli oder Skala, die Aedipsosbäder, Thermopylen, Lichas etc.

Nach dem Gesagten kann man das Erdbebengebiet vom 20. April in vier Regionen teilen: 1. die Region, in welcher alle Gebäude in Grund und Boden zerstört sind; 2. die Region, in welcher teilweise Zerstörung stattfand — diese bildet eine Ellipse, die von Piräus bis Stylis 150 *km* und von Amphissa bis nach Hagia Anna 75—100 *km* misst —; 3. das Gebiet, in welchem man den Stoss gefühlt hat, mit einem Flächeninhalte von 1884000 *qkm*, und

4. die Region, in welcher der Stoss nur durch sehr empfindliche Seismometer wahrgenommen wurde.

Hier muss erwähnt werden, dass nach einer Nachricht von Laurium die heftigen Stösse vom 20. und 27. April in den dortigen Gruben in einer Tiefe von 100 und mehr Metern gar nicht gefühlt wurden, obwohl ihre Wirkungen an der Oberfläche so gross waren, dass die Bergleute erschrocken ihre Arbeit verliessen, indem sie dachten, dass ein grosses Unglück in den Gruben stattgefunden habe. Und nicht nur das Land, sondern auch das Meer wurde vom grossen Stosse heftig erschüttert, wie zwei Dampferkapitäne erzählten. Die Wirkung war so, als wenn ihre Dampfer auf einer Klippe gestrandet wären."

Am 27. April $9^h\ 21^m\ 6^s$ abends, Athener Zeit, folgte ein noch stärkerer Stoss als am 20., der wiederum ganz Griechenland erschütterte und bis nach Rom, Wilhelmshaven, Birmingham und Nicolaiew an den Instrumenten bemerkt wurde. »Wenn wir als Zeit des Stosses in Athen $9^h\ 21^m\ 6^s$ annehmen, so finden wir, dass die Erdbebenwelle $11^m\ 36^s$ gebracht hat, um die Strecke von 1200 *km* zwischen Athen und Rom zu durchlaufen, also eine Geschwindigkeit von 1738 *m* in der Sekunde hatte. Diese Geschwindigkeit ist eine ganz andere, als diejenige, mit welcher die Stosswelle in Griechenland sich verbreitete. So fand nach einer Angabe, die allerdings nicht ganz zuverlässig ist, der Stoss auf der Larymnischen Halbinsel um $9^h\ 17^m$ (Z. v. A.) statt, die Stosswelle durchlief also die Strecke von 85 *km* zwischen Larymna und Athen in $4^m\ 6^s$, d. h. mit einer mittleren Geschwindigkeit von 345 *m* in der Sekunde. Diese Zahl stimmt mit derjenigen überein, die Julius Schmidt für das Erdbeben von Aegion (1861) gefunden hat.

Wie in Athen, so waren in Lokris und im übrigen Griechenland die meisten Menschen während der Erschütterung mit der Prozession beschäftigt, und nur wenige waren zu Hause geblieben. In Melesina, Martino, Proskyna u. s. w., wo der Stoss am intensivsten war, lassen die Wahrnehmungen der Menschen und die übrigen seismischen Erscheinungen auf eine wellenförmige Bewegung in der Richtung von O schliessen, desgleichen auch alle späteren Erschütterungen, die ich selbst auf der Larymnischen Halbinsel beobachtete. Ähnlich war die Wahrnehmung des Abtes vom Kloster Hagios Georgios, der versicherte, dass alle Stösse vom Meere, d. h. von O herkamen. Es scheint, dass diese Stosswellen sehr hoch gingen, denn manche Beobachter fühlten am Ende der Erschütterung, dass der Boden unter ihren Füssen sank, wie das Grubengestell, wenn man in einen Schacht einfährt. Deshalb dachten viele der dortigen Anwesenden, die keine Erfahrung von Erdbeben hatten, dass eine Senkung des Bodens stattgefunden habe, obwohl keine sonstige Erscheinung auf Vertikalstösse deutete.

Auch auf dem Meere machte sich der Stoss bemerkbar. Der Kapitän des griechischen Dampfers »Makedonia«, welcher um diese Zeit zwischen Ädipsos und Talantonisi war und in seiner Kabine

schlief, wurde von einem so starken Stosse geweckt, als ob das Schiff auf einer Klippe gescheitert wäre.

Nach diesem Hauptstosse verblieb der Boden von Lokris, besonders die Larymnische Halbinsel, in beständiger Aufregung. Erschütterungen mit unterirdischem Getöse von verschiedener Intensität folgten eine auf die andere. Man zählte in dieser Nacht über 350 Stösse, und manche davon wurden auch in Athen und anderen Städten von Griechenland beobachtet.«

Das Merkwürdigste war die Bildung einer 20 *km* langen Spalte von Almyra über Atalanti bis zum Sturzbache Karangiosi und noch weiter zwischen der aus Alluvium und Neogen bestehenden Ebene von Atalanti und den Kreideschichten und dem Serpentine. »Die grösste Breite dieser Spalte war ungefähr ein Meter, aber an manchen Stellen war sie bloss ein Riss, der das Alluvium und die Neogenschichten durchzog. Zugleich wurden an den Gehängen des Serpentin-Berges Rodi, auf welchem die Stadt Atalanti liegt, auch andere kleinere, parallele Spalten gebildet, und ähnliche Spalten beobachtete man auf der Larymnischen Halbinsel, welche nicht nur Alluvial- und Neogenschichten durchzogen, sondern auch den Kreidekalk.

Gleichzeitig versank an der Küste der Alluvialebenen von Atalanti ein Streifen Landes, im Durchschnitte 10 *m* breit und ungefähr 10 *km* (von Skala bis Almyra) lang, unter das Meer, und wurde die aus Kreidekalk bestehende Halbinsel Gaiduronisi vom Lande losgetrennt, indem der schmale und niedrige Isthmus, der sie mit der Atalantischen Ebene verband, vom Meere dauernd bedeckt wurde. In ähnlicher Weise entstand wahrscheinlich die Insel Atalanti (I. Talantonisi) im Jahre 426 v. Chr.

Ausser diesen dauernden Küstenveränderungen fanden bei Almyra vorübergehende Überflutungen statt, wobei kleine Fische über die vorbeiziehende Fahrstrasse verstreut wurden. Die Einwohner der Küste erzählten, dass das Meer während des Erdbebens in grosser Aufregung war, und Flutwellen über die Küste hereinbrachen.«

»Man hat der Spalte von Atalanti, indem man alle Risse und Spaltungen der Larymnischen Halbinsel, die auf einer und derselben Linie lagen, mit ihr verband, eine Länge von 60 *km* gegeben und sie als eine Verwerfungsspalte, an der eine Absenkung der Atalantischen Ebene stattfand, bezeichnet und mit derjenigen, die i. J. 1891 in Japan gebildet wurde, verglichen. Dies ist aber nach Verf. Meinung ein Irrtum. Durch die starke Erschütterung wurden die oberen Schichten der Alluvialmasse, die das Becken zwischen Chlomos und Talantonisi erfüllt, losgetrennt und gerieten in eine abwärts gleitende Bewegung gegen das Meer zu. So entstand in ähnlicher Weise, wie Julius Schmidt bei dem Erdbeben von Aegion (1861) schildert, die 20 *km* lange Spalte von Atalanti und wurde ein 10 *km* langer Streifen der Küste dauernd vom Meere bedeckt. Auf ähnliche Weise sind auch die Erdspalten im Gesteine der larymnischen Halbinsel, wo die Erschütterung am intensivsten war, gebildet; bei

solchen Schwingungen und Bewegungen werden notwendig gewisse Teile des Erdbodens ihren Zusammenhang verlieren und innerhalb verschiedener Gesteine Zerreissungen, Zerspaltungen und oberflächliche Ortsveränderungen oder ein Herabgleiten der losgelösten Schichten verursachen.«

Von Interesse sind die Veränderungen der Thermen von Ädipsos und Gialtra, auf der Halbinsel Lithada im nordwestlichen Euböa. Erstere wurden so stark, dass sie rauschende und dampfende Bäche bildeten, die ins Meer fliessen. Doch hat der Wasserreichtum der neuen Quelle wieder abgenommen, während die alten, welche schon von Plutarch erwähnt werden, unverändert blieben. »Die Quelle Thermá in Gialtra, welche lange Zeit ein sehr kleines Wasserquantum von 32° C. lieferte, ist seit dem Stosse vom 27. April vermehrt und verstärkt. An diesem Abende wurde das warme Wasser mit solcher Gewalt herausgepresst, dass auf dem Felde, wo die Quelle entspringt, ein Erdtrichter oder Krater von ungefähr 150 *cbm* Volum sich bildete. Diese verstärkte Quelle hat nach H. Dambergis eine Temperatur von 44° C., ist geruchlos und sonst ähnlich den Steinquellen von Ädipsos. An der Küste von Gialtra bei Hagios Georgios, wo das Gebiet aus Alluvium besteht, hat eine Versenkung oder Gleitung des Bodens ins Meer stattgefunden.«

Das lokrische Erdbeben ist nach Prof. Mitzopulos ein tektonisches, auch bleibt kein Zweifel, dass das Epizentrum dieses Bebens auf dem Grunde der Larymnischen Meerenge liegt, wo auch die grosse Spalte ist, die Kandili von Ätolimion trennt. Um die Tiefe des Erdbebenzentrums zu bestimmen, fand er keinen sicheren Anhaltspunkt; weder die Methode von Seebach, noch die von Mallet konnte er benutzen. Risse und Spalten an den Gebäuden waren überall zu sehen, aber in solcher Verwirrung, dass sie unbrauchbar waren. Nur an der Wand eines Hauses von Livanatä, welches aufrecht blieb, fand er einen Riss, der einen Winkel von 43—47° hatte; demnach betrüge die Tiefe des Erdbebenzentrums 23—25 *km*. Doch gesteht er, dass die Mallet'sche Methode, obwohl sie sehr einfach ist, in der Praxis grosse Schwierigkeiten darbietet, wie er bei den Erdbeben von Zante, Lokris und Theben bemerkt hat.

Über die Verbreitung und die Begleiterscheinungen des Erdbebens von Konstantinopel am 11. Juli 1894 hat der Direktor des Observatoriums in Athen, D. Eginitis, an Ort und Stelle Beobachtungen angestellt, wozu ihm der Sultan einen Dampfer überlassen hatte. Das Ergebnis dieser Ermittelungen ist durch Tisserand der Pariser Akademie vorgelegt worden. Nach der Heftigkeit, mit der das Erdbeben aufgetreten ist, unterscheidet Eginitis vier Zonen. Die erste stellt das Epizentrum dar und umfasst die am stärksten betroffenen Orte, wo eine Zertrümmerung fester Häuser eingetreten ist. Sie hat die Form einer Ellipse, deren grosse Axe sich längs des Golfs von Nicomedia oder Ismid (am Marmarameere) von Tschaltza

bis Adabazar ausdehnt und eine Länge von 175 *km* hat, während die kleine Axe, zwischen den Dörfern Katirly und Maltepe am Eingange des genannten Golfs sich erstreckend, 39 *km* lang ist. In den folgenden Zonen trat das Erdbeben mit immer geringerer Stärke auf: die vierte und letzte, wo das Erdbeben zwar noch unmittelbar wahrgenommen werden konnte, aber keinerlei Schaden mehr anrichtete, erstreckte sich bis Bukarest, Janina, Kreta, Griechenland, Konija (Ikonium) und einen grossen Teil der asiatischen Türkei. Am heftigsten war die Erscheinung auf den Inseln Halki und Antigoni. Die geologische Beschaffenheit des Bodens hat an einigen Orten dazu beigetragen, die Wirkung zu verschlimmern. So ist die eine Hälfte des Dorfes Katirly, die auf beweglichem Boden gebaut war, zertrümmert worden, während die andere, die auf festerem Boden steht, unberührt geblieben ist. Holzbauten haben am besten Widerstand geleistet, aber auch Häuser aus Ziegelsteinen sind nicht in dem Umfange betroffen worden wie die alten Gebäude aus massivem Steine. Der Boden des Epizentrums zeigt nicht viele Spalten. Die bedeutendste ist die beim Dorfe Ambarly, das auf Alluvialboden steht. Sie ist 3 *km* lang und höchstens 0.08 *km* breit. Auf Halki hat sich zwischen der theologischen Schule und der Handelsschule eine 200 *m* lange Spalte gebildet. Das Kabel Kartal-Dardanellen ist an mehreren Stellen zerrissen; die Bruchstellen sehen aus, als ob das Kabel mit dem Messer zerschnitten wäre. Mehrere Quellen haben Störungen gezeigt. Im Epizentrum zeigte sich das Meer längs des ganzen Ufers heftig bewegt. An einigen Stellen zog es sich um etwa 200 *m* vom Ufer zurück, um nach kurzer Zeit seinen normalen Stand wieder einzunehmen. An zahlreichen Küstenorten hat man beobachtet, dass das Meer kochte. In Galata haben mehrere Personen beobachtet, dass der Erdboden viel wärmer war als gewöhnlich (?) Durch Anwendung des Dutton-Hayden'schen Verfahrens fand Eginitis, dass der Erdbebenherd sich 34 *km* unter der Oberfläche befunden haben muss. Lacoine, Unterdirektor des Observatoriums in Konstantinopel, ist auf einem anderen Wege zu demselben Ergebnisse gelangt. Die Geschwindigkeit, mit der sich die Erschütterung fortgepflanzt hat, wurde zu 3 bis 3.6 *km* in der Sekunde gefunden; auch für das Erdbeben von Lokris war eine Verbreitungsgeschwindigkeit von 3 *km* festgestellt worden. An mehreren Orten des Epizentrums verliessen vor dem Erdbeben die Schwalben ihre Nester und flüchteten sich in Masse auf die Telegraphendrähte oder erhoben sich hoch in die Luft und kehrten erst nach den Erschütterungen zurück. Auch hat man beobachtet, dass einige Minuten vor dem Erdbeben die Hühner und mehrere andere Tiere zu fliehen suchten. Diese Erscheinung ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass den starken Stössen ein Zittern des Bodens voraufging.

Über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Erdbebens von Zante hat Agamennone eine eingehende Untersuchung aus-

geführt [1]), für welche zwar die aus Griechenland stammenden Angaben wegen der unzuverlässigen Zeitbestimmung wenig Verwendung finden konnten, die aber durch den Umstand ermöglicht war, dass die Hauptstösse von Zante in Italien, in Russland und sogar in Deutschland von besonderen Instrumenten registriert worden sind. Man hat so mit hinreichender Sicherheit die Zeit des Vorüberganges der Erdbebenwellen an Orten bestimmen können, welche in sehr bedeutendem Abstande vom Erdbebenmittelpunkte, dem Epizentrum, gelegen sind. In Italien waren es die für diesen Zweck aufgestellten seismischen Apparate, während in Russland und Deutschland das anderen Zwecken dienende Horizontalpendel verwertbare Angaben lieferte und in Potsdam die magnetischen Apparate von dem Erdbebenstosse am 17. April in Mitleidenschaft gezogen waren.

Aus Italien lagen Daten aus elf Stationen, die mit verschiedenen seismischen Instrumenten versehen sind, vor; diesen schlossen sich die Angaben des Horizontalpendels in Nikolajef und in Strassburg an. Für jeden einzelnen Stoss (den vom 31. Januar, vom 1. Februar, vom 20. März, vom 17. April und vom 4. August) wurde das vorliegende Material nach einer von Newcomb für das Charlestoner Erdbeben eingeführten Methode berechnet. Hierbei wird angenommen: 1. dass die Erdbebenbewegung nur an der Oberfläche der Erde vor sich gehe, als wäre sie im Epizentrum entstanden; 2. dass die oberflächliche Fortpflanzungsgeschwindigkeit in allen Richtungen eine gleichmässige ist, und 3. dass sie sich auch mit dem Abstande vom Epizentrum nicht ändert. Unter diesen Annahmen sind nun die Geschwindigkeiten eines jeden der fünf Erdbeben berechnet worden, zunächst auf Grundlage sämtlicher Angaben, sodann unter Zugrundelegung der Maximalphase an einigen Stationen, an denen dieser Moment bestimmt werden konnte, und drittens unter Berücksichtigung des Anfanges der Bewegung. Nimmt man das Mittel dieser Resultate für alle fünf Erdbeben, so erhält man aus sämtlichen Angaben zusammen für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erdbebenwellen den Wert 2.345 *km* pro Sekunde, in ziemlich guter Übereinstimmung mit dem Mittel 2.430 *km*, das aus den Zeiten der Maximalphase berechnet wird, während aus den Angaben für den Anfang der Bewegung sich aus denselben Stationen, aus denen die Maxima entnommen sind, das Mittel 3.085 *km* ergiebt. Wenn nun auch diesen Zahlen, die unter bestimmten Voraussetzungen berechnet sind, zunächst nur relativer Wert beizumessen ist, schon aus dem Grunde, weil die Einzelwerte vom Mittel sehr bedeutende Abweichungen zeigen, so bleibt doch sehr beachtenswert der Umstand, dass in Nikolajef und in Strassburg die ersten Erdbebenwellen mit einer Geschwindigkeit von mehr als 3.085 *km* pro Sekunde angelangt sind. Ob die hier ermittelte Oberflächengeschwindigkeit sehr verschieden ist von derjenigen, welche der Impuls darbieten würde,

[1]) Atti della R. Accademia dei Lincei. Rendiconti 1893. [5.] 2. p. 393.

wenn man seine direkte Fortpflanzung vom tiefen Erdbebenherde bis zum Beobachtungsorte in Rechnung ziehen würde, müssen spätere Untersuchungen lehren [1]).

Ein Erdbebenkatalog des russischen Reiches ist von A. Ortow begonnen und nach dessen Tode von J. Muschketow bis zum Jahre 1887 fortgeführt und veröffentlicht worden [2]). Dieser Katalog umfasst 2403 Erdbeben und circa 150 Vulkanausbrüche in Kamtschatka. Stark und oft erschüttert erscheint die Gegend von Schemacha, Eriwan und Ararat. In Schemacha fanden zerstörende Erbeben in den Jahren 1828, 1848, 1856, 1859, 1869, 1872, 1875 statt. Westsibirien erscheint im Vergleiche mit Ostsibirien, insbesondere mit Kamtschatka, als ein wenig und selten erschüttertes Land, ebenso das ganze europäische Russland. Nur Bessarabien empfindet oft schwache, aus Rumänien kommende Beben.

Natürlich ist das Material nicht homogen genug, um genauere Untersuchungen über örtliche und zeitliche Schwankungen der seismischen Thätigkeit darauf zu basieren, doch scheinen gewisse Maxima angedeutet. Muschketow bildet fünfjährige Gruppen: erstens für das ganze Gebiet, worauf sich der Katalog bezieht, zweitens für Sibirien mit Zentralasien, drittens für den Kaukasus. Die erste Tafel umfasst den Zeitraum seit 1401, die zweite den seit 1721, die dritte den seit 1801 (p. 34 und 35, dazu die Diagramme 7 und 8). Bemerkenswert sind die Maxima von 1501—1505 (66 Erdbeben), 1511—1515 (81 Erdbeben), dann 1571—1575 (32 Erdbeben), 1821—1825 (20 Erdbeben), 1826—1830 (38 Erdbeben), 1861—1865 (214 Erdbeben), welche scharf von anderen fünfjährigen Gruppen abstechen. Die Maxima des 16. Jahrhunderts rühren von chinesischen Erdbeben her.

Was die monatliche Verteilung anbelangt, so entfallen auf 100 gleichnamige Monate:

	in China	in Sibirien	im Kaukasus samt benachbarten Ländern	in Zentralasien	im ganzen europäischen Russland
	Erdbeben	Erdbeben	Erdbeben	Erdbeben	Erdbeben
Januar [3]) .	9.10	41.98	47.20	25 45	4.64
Februar .	10.06	38.26	23.15	73.68	2 82
März . . .	16.88	61.34	36 11	54.55	1.01
April . . .	8.60	36.52	59.02	42.10	6.18
Mai	7.57	31.03	24.07	23.08	2.33
Juni . . .	20.46	27.27	37.50	142.86	1.80

[1]) Naturwissenschaftliche Rundschau 1894. Nr. 12.

[2]) St. Petersburg 1893. (Russisch.) Ausführliches Referat in Petermann's Mitteilungen 1894. p. 85, worauf oben im Text Bezug genommen.

[3]) Man findet keine Angabe, ob dies Monate alten oder neuen Stils sind. Im Kataloge selbst werden die Daten meist in beiden Stilen zugleich angegeben.

	in China	in Sibirien	im Kaukasus samt benachbarten Ländern	inZentral-asien	im ganzen europäischen Russland
	Erdbeben	Erdbeben	Erdbeben	Erdbeben	Erdbeben
Juli. . . .	16.89	21.38	83.05	38.10	14.47
August. .	10.48	34.46	28.24	76.19	1.97
September	8.94	25.76	40.23	172.73	12 87
Oktober .	10.31	37.10	46.99	67.50	6.59
November	7.39	34.23	26.83	102.50	3.58
Dezember	5.08	34.90	68.29	47.50	12.24

Einfluss des Mondes auf die Erdbeben[1]. M. Baratta hat 457 beobachtete Erdstösse des ligurischen Bebens von 1887 nach Mondstunden geordnet. Er findet, dass die Zahl der Erschütterungen nach dem Durchgange des Mondes durch den Meridian weit grösser ist als vorher. Ein Einfluss des Mondes auf die Häufigkeit der Erdbeben scheint ihm hiernach sicher. Zur Erklärung weist er darauf hin, dass die Erdkruste der Mondanziehung gegenüber sich wie ein elastischer Körper verhält, und dadurch seine Periodizität entsteht, eine Ansicht, die lange vor ihm schon von Dr. Herm. J. Klein ausgesprochen worden ist.

7. Inseln, Strandverschiebungen, Korallenriffe.

Die natürlichen Veränderungen Helgolands, auf Grund einer kritischen Erörterung in Zusammenfassung des sämtlichen bis jetzt vorhandenen litterarischen Materials, stellt Dr. E. Tittel[2]) dar. Helgoland ist eine isolierte Erhebung im Nordseebecken. Ein Profil des Meeresbodens von der Mündung des Humber über die Wellbank und Helgoland nach der Eidermündung zeigt dies deutlich. Der Felsen sowie die Dünenriffe liegen auf einem allmählich ansteigenden, submarinen Plateau, dessen äusserer Rand etwa 20 *m* unter dem Meeresspiegel liegt. Auf diesem Plateau baut sich der Inselkörper, d. h. der Felsen samt den Riffen, terrassenartig ansteigend, auf. Dieses von der 20 Meterlinie umgrenzte Plateau hat ungefähr die Gestalt einer Ellipse, deren Längsaxe ebenso wie der Felsen und die Dünenriffe von NO nach SW gerichtet ist. Es ist vom Festlande im Osten fast ganz abgetrennt durch eine südnördlich gerichtete, tiefere und breite Rinne, die 22—31 *m* Tiefe hat, und hängt nur im NO durch einen submarinen Isthmus, der 17—19 *m* tief liegt, mit dem östlichen Festlande zusammen. Im N des Plateaus ist etwa 24, im W 28—36, im S 43—55, im SO 26—45 *m* Tiefe. Die grösste Tiefe in der Umgebung Helgolands (53 und 55 *m*) findet sich also südlich von der Insel. Auch die Berichte der

[1]) Boll. Soc. Geol Ital. **10.** 1891. p. 440.

[2]) Tittel, Die natürl. Veränd. Helgolands u. die Quellen über dieselben. Leipzig 1894.

Kommission für Erforschung der deutschen Meere notieren südlich von Helgoland eine Tiefe von 29 Faden (= 53 *m*). Westlich von dem Plateau senkt sich der Meeresboden zu der sogenannten Helgoländer Tiefe, deren tiefste Stelle 40 *m* beträgt.

Tittel behandelt die einzelnen Teile der Insel und den Zerstörungsprozess, der sich an ihnen vollzieht. Die merkwürdige, blockartig sich erhebende rote Klippe, die an der Westseite bis zu 56 *m* hoch ist, gehört der Trias an und ist meerwärts von Klippenfeldern umgeben, die durch Zerstörung des einstigen Felsareals entstanden sind. Von dem Verwitterungsprozesse durch Frost, Niederschläge und Sonnenwärme werden besonders die Ränder, vornehmlich die drei freiliegenden Ecken des Felsens betroffen, und es ist beobachtet worden, dass einzelne Blöcke oder grössere Massen abgestürzt sind. Es ist vorgekommen, dass Menschen erschlagen wurden. Ebenso wird durch Ebbe und Flut ein regelmässig wiederkehrendes Benetzen und Trocknen des Gesteins veranlasst, indem der Meeresspiegel an der Felswand der Südwestseite steigt und sinkt, so dass bei Ebbe der Fuss des Felsens und die benachbarten Riffe trocken liegen. An der Nordostseite wird infolge von Geröllablagerung an den meisten Stellen der Fuss des Felsens von der normalen Flut nicht erreicht. Innerhalb dieser Flutzone kann man Stellen am Felsen finden, wo das Gestein mürbe geworden, so dass man mit der Hand Stücke davon losblättern kann. Der Verwitterungsprozess hat einen bedeutenden Anteil an der Zerstörung, da hierdurch den Brandungswellen vorgearbeitet wird.

Diese Brandungswellen üben die stärkste zerstörende Thätigkeit aus. »Wenn die Brandungswelle an die Felswand anprallt, so wird das Wasser mit grosser Gewalt in die feinen Spalten gepresst, die darin enthaltene Luft wird komprimiert und beim Zurückweichen der Welle nachgesogen. Dadurch wird alles gelockerte Material aus den feinen Ritzen hinweggenommen. Allmählich wird eine horizontal verlaufende Hohlkehle im Brandungsniveau ausgewaschen. So werden die darüberliegenden Teile des Felsens unterhöhlt, und da die Schichten horizontal gelagert sind, so müssen diese Teile abstürzen. Dieses Abstürzen pflanzt sich allmählich fort bis zur obersten Kante des Felsens. Die in den Felswänden ausgewaschenen Spülfurchen befinden sich nicht überall in gleicher Höhe. An den isolierten Stacks vor der Küste liegen sie am niedrigsten, in engen Slapps, wo die Wellen sich türmen, am höchsten. Im allgemeinen liegt die Linie der grössten Zerstörung etwas über dem halben Flutniveau. Bisweilen wird durch Unterwaschen ein Ausstürzen von Teilen des Felsens herbeigeführt, welche durch Klüfte abgetrennt worden waren. So entstand der »Trichter« durch Ausstürzen einer unterwaschenen Felspyramide, die durch zwei nach oben zu konvergierende Spalten ausgesondert worden war. — Die widerstandsfähigen Teile des Felsens, welche als vorspringende Hörner oder Wände länger stehen bleiben, bieten häufig Gelegenheit zur Bildung der sogenannten Gatts oder

Felsthore. Sie finden sich nur an der Westseite. In dem Winkel zwischen der vorspringenden Wand und der Küste entfalten die zusammengedrängten Wellen eine verstärkte Gewalt und erzeugen allmählich Löcher oder Höhlen, Ofen genannt, z. B. Ingelsofen in der Nähe des Südhorns. Auch von der anderen Seite wirken die Wellen, und so wird nach und nach die Wand durchbohrt. Ist das Felsthor so hoch ausgewaschen, als die Wellen reichen, so wirken die atmosphärischen Agenzien weiter und bewirken ein allmähliches Nachstürzen der Schichten. So wächst die Grösse des Thores nach der Höhe hin. Der verbindende Bogen besteht oft sehr lange, bis auch er endlich einstürzt, und der tragende Felspfeiler als ein isolierter Stack stehen bleibt. Stand der Pfeiler nicht ganz senkrecht, so bleibt nur ein niedriger Stumpf mit ebener Fläche stehen, da der obere Teil mit einstürzt.«

Tittel giebt eine Zusammenstellung aller vorhandenen Nachrichten über Veränderungen des Felsens. Die östlichen Riffe, welche die Sanddüne tragen, bilden den bei weitem grössten Teil von Helgoland, sie gehören der Trias, dem Jura und der Kreide an. Aus geschichtlicher Zeit sind nur geringe Veränderungen dieser östlichen Riffe bekannt, teils durch das Meer, teils durch Menschenhand. Das niedrige Land und die Düne sind tertiäre und quartäre Bildungen. Es ist zweifellos, dass das niedrige Land durch Sturmfluten beträchtliche Verluste erlitten hat, aber diese sind von der Sage ins Masslose übertrieben worden. Die Westseite des niedrigen Landes ist in geschichtlicher Zeit immer durch den Felsen begrenzt worden; denn dass der Steilabfall des Felsens stets die Westgrenze der Insel in geschichtlicher Zeit gebildet, ist durch die gewaltige Breite der Klippenfelder westlich vom Felsen, der von den Brandungswellen geschaffenen Kreideriffe und Buntsandsteinriffe, verbürgt. Die meisten Veränderungen hat ohne Zweifel die Nordseite des niedrigen Landes erlitten, da sie bei den vorherrschenden Nordwestwinden schutzlos den Brandungswellen und Sturmfluten ausgesetzt war. Deshalb mied man nach den alten Steuerbüchern diesen in Veränderung begriffenen Strand.

Die Düne, von den Helgolandern »de Halem«, von Cnobloch 1643 zuerst »die Duyne« genannt, verdankt ihre Entstehung sowohl den vorherrschenden Nordwestwinden als auch den östlichen Riffen, welche das den beweglichen Sand aufhaltende Hindernis sowie die tragende Grundlage bildeten. Die Brandungswelle führt Sand an das Ufer und setzt ihn, da sie beim Rückzuge viel weniger Transportkraft hat, ab. Der Sand wird dann von den vorherrschenden Winden zu Hügeln zusammengeführt. So musste mit Notwendigkeit an dem Ost- und Südostende der Insel eine Sanddüne entstehen, die immer aus einer grösseren Zahl sich beständig verändernder Hügel bestanden hat. Ohne Zweifel hat es in geschichtlicher Zeit stets eine Düne gegeben. Natürlich hatte infolge der Nordwestwinde die Düne das Bestreben, nach SO hin fortzuschreiten. Daher bildete

sich, dem Zuge der Riffe nach S folgend, eine sandige, nach S vorspringende Landzunge, die den Südhafen im Osten begrenzte.

Die Düne kann nach der Bodenbeschaffenheit in drei Teile geteilt werden. Sie besteht aus einem mit spärlicher Vegetation bedeckten und einem vegetationslosen Gebiete. Das erstere sind die Dünenhügel und ihre Umgebung. Sie bestehen aus Flugsand. Das vegetationslose Gebiet ist erstens der Ebbestrand, der ebenfalls aus Sand besteht, und zweitens der mit kleinem Steingerölle dicht belegte Teil zwischen Ebbestrand und Hügeln. Bis zu diesem Gebiete steigt das Meer nur bei Sturm, und dann werden diese Steinmassen von den Wellen aufgeworfen und umgerührt, weshalb sie alle ganz rund geschliffen sind.

Die Düne hat sehr beträchtliche Veränderungen in geschichtlicher Zeit erlitten. Sie ist eine auf den östlichen Riffen abgelagerte Ansammlung von Zerstörungsprodukten und ist infolge ihrer lockeren Beschaffenheit immer der Einwirkung der zerstörenden Kräfte, der Winde und Wellen, stark ausgesetzt gewesen. Sie verändert sich fortwährend nach Länge, Breite und Kubikinhalt und ist daher der veränderlichste Teil Helgolands.

Die ganze Düne ist in einer fortwährenden, langsamen Umlagerung begriffen, sie ist allmählich nach Osten hin verlegt worden, und zwar der südliche Teil (die Aade) mehr als der Hauptteil. Es ergiebt sich, dass sie nach 1721 zunächst stark vergrössert wurde, dass sie später, etwa zwischen 1787 und 1845, sehr stark abnahm nach Länge, Breite und Höhe, dass die Abnahme auch in der Folgezeit noch andauerte, wie die Messung von 1872 zeigt, dass aber in neuester Zeit die Düne wieder zugenommen hat und noch zunimmt. Sie ist ferner in den letzten 30 Jahren nach Osten hin vorgerückt, und zwar der südliche Teil mehr als der nördliche. Dieses Vorrücken nach Osten bedeutet für die Düne eine ernste Gefahr. Denn sie würde, wenn sie über die Riffe hinaus geraten sollte, die tragende Felsgrundlage einbüssen.

»Überblicken wir«, sagt schliesslich Dr. Tittel, »die Teile Helgolands, so ergiebt sich zunächst, dass die Riffe, nachdem sie von den Brandungswellen bis zum Meeresspiegel zerstört worden sind, seit längeren Zeiträumen nur geringfügige Veränderungen erlitten haben. Von den anderen Teilen hat der Felsen die geringsten, das niedrige Land die grössten Verluste erlitten, während für die Düne eine grosse Veränderlichkeit nach Areal, Gestalt und Lage charakteristisch ist.«

Die Ponza-Inseln sind von G. Mercalli untersucht worden nach den Erdbeben am 15. und 16. November und 11. Dezember 1892[1]). Derselbe giebt eine geologische Beschreibung und Mitteilungen über die letzten Erdbeben daselbst. Das Zentrum derselben scheint Ponza gewesen zu sein.

---

[1]) Mem. d. R Accad. di Napoli **6.** 1893. Nr. 10.

Die Le Maire-Inseln schildert auf Grund eines Besuches L. Kärnbach. Diese Inseln sind alle vulkanischen Ursprunges. Die Lessoninsel ist mit Ausnahme der aus ganz kahlem roten Lavagesteine bestehenden höchsten Spitze mit Kokospalmen bestanden; nur ein alter Lavastrom, welcher das Meer erreichte, ist fast völlig von Vegetation entblösst. Auf Garnotinsel waren weniger Kokospalmen zu sehen als auf Lessoninsel, doch ist sie bis zur Spitze bewaldet, einige Dörfer und Plantagen waren an der Küste sichtbar. Jaquinot ist eine wenig hohe, dicht bewaldete Insel, auf der nur sehr wenig Kokospalmen und einige ärmliche Niederlassungen wahrgenommen wurden. Deblois ist von einem Kranze Kokospalmen umgeben, und einige Dörfer und Plantagen waren von der See aus sichtbar. Roissy ist die grösste Insel der Gruppe; sie zeigt viele Schluchten, einige Kokosnussbestände und ist dicht bewaldet. Die Bevölkerung erscheint als ein schlank gebauter, strammer und hübscher Menschenschlag; sie ähnelt in der Tracht sehr der von Hatzfeldthafen und trägt insbesondere wie diese das Haar in einem geflochtenen Haarkorbe. Ihre Kanus sind sehr schön verziert und die Ausleger stark befestigt. Die Kopfzahl der Inselbevölkerung scheint nur gering zu sein; sie wird für Lesson z. B. auf 100 geschätzt. Von Roissy-Insel fuhr Kärnbach auf der »Ysabel« hinüber nach dem Festlande westlich von Kap Dallmann und lief Dallmannhafen an. Die grossen und schön gebauten Dörfer an der Ostseite von Pomone Huk wurden besucht. An Bord des Dampfers fand sich ein Eingeborener von der Insel Gressien ein, der ziemlich gut malayisch verstand. Derselbe berichtete, dass einige Malayen in seinem Dorfe wohnten, dortige Frauen geheiratet hätten, und dass vor kurzer Zeit auch Weisse dagewesen seien. Der ursprünglich von der Insel Tarawai (Bertrand der Karten) stammende Eingeborene berichtete ferner, dass auf seiner Heimatsinsel sämtliche Bewohner malayisch verständen. Die Gegend in und um Dallmannhafen, die Küste bis zum Berlinhafen, ja bis zum Angriffhafen scheint sehr dicht bevölkert zu sein, nach Schätzung wohl um das Zehnfache stärker als die Küste des Huongolfs und die weiter südlich folgenden Küstenstrecken. Man sah während der Fahrt von der »Ysabel« aus längs der Hansemannküste eine Menge grösserer Dörfer und an den Bergflanken an vielen Stellen Kokospalmen sowie aufsteigenden Rauch. Beim Verlassen des Dallmannhafens zeigten sich am Nordwestausgange grosse Flächen mit Nipapalmen besetzt, und es schien daselbst auch ein grösserer Fluss zu münden. Von den Bewohnern der Insel Guap (J-ü-ö der Eingeborenen) wurden Sago, Kokosnüsse und Ethnologika eingetauscht. Ihr Dorf war das grösste, welches der Berichterstatter gesehen zu haben sich erinnert. Längs der Küstenstrecke bis zum Berlinhafen stand an dem Sandstrande eine erhebliche Brandung, welche das Landen von Booten erschweren würde. In den zahlreichen Dörfern sah man hin und wieder ähnliche tempelartige Häuser, wie sie von der Humboldtbai bekannt

sind; die Wohnhäuser sind wie in Dallmannhafen auf ziemlich hohen Pfählen erbaut, die Wände aus den Blattscheiden der Sagopalme hergestellt; sie machen einen sehr reinlichen, gefälligen Eindruck. Im Berlinhafen ging die »Ysabel« im Schutze der Sainsoninsel vor Anker, und hier entwickelte sich ein reger Handel um ethnographische Gegenstände; besonders schöne Brustschilde wurden eingetauscht. Auch die im Hafen liegende kleine östliche Insel, Angal genannt, wurde besucht und stark bewohnt gefunden. Einzelne Kanus haben hier wahrhaft riesige Abmessungen und zeigen, wie die javanischen Sampangs, an jedem Ende einen Vorsprung, der in eine schön geschnitzte Figur ausläuft. Die Bewohner stehen mit den Eingeborenen des Dallmannhafens und weiter nach Westen in regem Verkehre. Die »Ysabel« verliess den Hafen durch die Strasse zwischen den Faragutt- und Dudemaineinseln (Seléo und Tamair der Eingeborenen) und richtete den Kurs nach der Tigerinsel. Diese scheint noch von keinem Schiffe berührt worden zu sein, während die Eingeborenen von Berlinhafen schon Silber kannten. Die flache, mit Kokospalmen bestandene Insel schien stark bevölkert; die Eingeborenen zeigten sich furchtsam, misstrauisch, jedoch nicht feindlich; sie kannten weder Tabak, noch Eisen. In der äusseren Erscheinung wichen sie vollständig vom Typus der festländischen Papuas ab. Westlich von Berlinhafen sind nach den Beobachtungen des Kapitän Dallmann die Küstengewässer abwechselnd dunkel und heller grün gefärbt, eine Wirkung des Flusswassers und sonstiger Abwässerungen von Lagunen. Die Tigerinsel liegt wohl auf der in den Schiffskarten angegebenen Breite, aber auf etwa 142° 44′ ö. L., und es scheint die Mattyinsel mit ihr identisch zu sein. Die Strandriffe, welche die Insel an der West- und Nordseite umgeben, sind bei nur einigermassen günstiger Beleuchtung gut zu sehen, auch liegt an jeder dieser Seiten je ein bewachsenes Inselchen auf dem Aussenrande der Riffe. Die Ost- und Südseite der Insel konnte näher nicht untersucht werden, nur so viel wurde bemerkt, dass an der NW-, SW- und NO-Ecke die Riffe sich weit hinaus erstrecken. Die Mattysowie die Durourinsel konnten nicht aufgefunden werden [1]).

Die Insel St. Barthélemy ist von R. Ludwig besucht und geschildert worden [2]). Diese Insel, in der Reihe der Kleinen Antillen, liegt 30 Seemeilen östlich von St. Martin. Von Süd nach Nord kann man sie in 1—1½ Stunden überschreiten, von Ost nach West in 8—10 Wegstunden. Die Karte zeigt an dieser Insel im Planbilde viele Spitzen und Buchten, so ist auch ihre Reliefform eine überaus zackige, und beides ist noch vermehrt durch viele kleinere Inseln und schroffe, von ihr isolierte Felsen, die sie umgeben, von

[1]) Nachricht über Kaiser Wilhelms. Land 1893. p. 43. Durch Verhandl. d. Gesellsch. f. Erdkunde. Berlin 1893. p. 525.
[2]) Deutsche Geogr. Blätter. Bremen 1894. **17.** p. 43 u. ff.

denen eine Partie von der Südwestspitze der Insel aus einen Zug von Inselchen und Riffen in der Richtung nach der Berginsel Saba zu bilden, die indes so klein sind, dass sie gewöhnlich auf Karten fehlen. Alle diese kleinen Inseln ragen wie Ruinen aus dem Meere hervor und dürften einst mit der Hauptinsel ein grösseres Ganzes geformt haben, wie dies auch mit Einschluss noch anderer Inseln durch die Saba und auch Anguillabank für eine noch grössere Ausdehnung angezeigt scheint.

Sie besitzen keinen Wald und auch nur spärlichen Graswuchs; um so schöner treten die Formen ihrer vielen Hügel hervor, welche obenauf alle in nacktliegende, rundliche Felsen endigen, die als Massiv dieser Inseln auch den meist steilen Strand bilden. Diese Inseln scheinen keines der Sedimentgesteine zu bergen, welche hier und da die obersten Formen der Hauptinsel im Vergleiche zu denen der kleineren einigermassen beeinflussen, so zwar, dass dadurch oft noch zackigere Formen hervorgerufen sind.

Die Insel ist fast überall abgeholzt und einmal im Anbaue gewesen, die zur Zeit nicht bearbeiteten Plätze sind deshalb wild bewachsen mit kleinem Zeuge, das in trockener Zeit rasch wieder abstirbt oder wenigstens entlaubt wird, so dass dann die dunkel graurote Färbung der Felsen und die rote des Bodens den vorherrschenden Ton des Bildes ausmachen müssen; dann freilich muss für Mensch und Vieh Mangel eintreten, denn vorgesorgt wird in keiner Weise.

Das rasche Abtrocknen der Vegetation ist bedingt durch die allerdings einigermassen geringe Erdschicht auf dem abschüssigen, felsigen Grunde, der ausserdem das Sickerwasser durchlässt, dessen blossliegende Teile die Sonnenglut des Tages in sich verschlucken und so dem Ganzen mitteilen. Schon nach wenigem Regen aber zeigt sich der Boden überaus dankbar, bedingt durch genügende Anwesenheit und Verteilung von Kalkgestein auf der schon erweichten Unterlage, die von carbonathaltigem Sickerwasser zersetzt wird und eine Erde liefert, die bei Anwesenheit von genügender Feuchtigkeit sehr fruchtbar ist.

Die Insel Sachalin wird von F. Immanuel geschildert[1]). Der Flächeninhalt der Insel, einschliesslich einiger kleiner benachbarter Eilande beträgt 79750 *qkm*. Sachalin ist im wesentlichen Bergland. Der in seinem Inneren fast ganz unbekannte Norden der Insel zeigt einen Gebirgsstock von durchschnittlich 1000 *m* Höhe mit kahlen, wild zerklüfteten Felszacken, welche, mit ihrer bedeutendsten Kette gegen die Westküste verschoben, schroff zu den klippenartigen Ufern abstürzen. Mittelsachalin, d. h. im allgemeinen die Gebiete des Tym und des Poronaj, trägt im Westen, scharf zur Küste abfallend, ein in zwei Ketten streichendes Meridionalgebirge, die unmittelbare

[1]) Petermann's Mitteilungen 1894. p. 49.

Fortsetzung der Bergkette Nordsachalins. Abgetrennt von diesem Grundstocke der Insel durch die Thäler der genannten Flüsse erhebt sich zwischen den letzteren und der Ostküste ein in mehrere Rücken gegliedertes Bergland, dessen höchster Felsengipfel, der Pik Tjara, mit etwa 1550 *m* die bedeutendste Bergspitze Sachalins darstellt. Die Wasserscheide zwischen Tym und Poronaj liegt auf 600 *m*, der Aufstieg aus den beiden Thälern zur Passhöhe beträgt rund 300 *m*. Im nördlichen Teile Südsachalins hat Glehn drei, im südlichen fünf Parallelketten festgestellt, indessen lässt sich die Lage der von ihm aufgezählten Gipfel, welche bis zu einer Höhe von 1400—1500 *m* emporsteigen, in anbetracht der vielfach wechselnden Benennungen und der fehlenden Ortsbestimmungen mit hinreichender Zuverlässigkeit nicht angeben.

Die Westküste zeigt nur zwischen den Vorgebirgen Pogibi und Golowatschew, etwa der Amurmündung gegenüber, an einzelnen Stellen flachere Ufer und Dünenbildung, weist aber ausser den mittelmässigen Reeden von Dui und Alexandrowsk keine Häfen auf. Den besten Ankerplatz der ganzen Insel gewährt die Bucht von Nyisk, die haffartige Erweiterung der Mündung des Tym; doch ist die nördliche Ostküste überaus rauh und dem Treibeisgange derart ausgesetzt, dass die Einfahrt in das Haff während zweier Drittel des Jahres versperrt ist. Die umfangreichen, haffähnlichen Buchten der Tjerpjenjabai und die grossen Küstenseen der Halbinsel Aniwa sind versandet.

Den Grundstock der Gebirge bilden krystallinische Schiefer, und der Boden hat sich dem Ackerbaue vielfach als nicht ungünstig erwiesen. Der locker gefügte, leicht zerbröckelnde, lehmige Schiefer der Berge ist, wo nicht der schützende Urwald die Hänge deckt, wegen der sehr beträchtlichen Temperaturschwankungen, der fast immer wehenden scharfen Winde und der starken Niederschläge einer verhältnismässig schnellen und gründlichen Verwitterung ausgesetzt. Die zahlreichen grossen und kleinen Wasserläufe führen zur Zeit der Schneeschmelze und der Herbstregen die Verwitterungsmasse in die Thäler ab, wo sie, da Flüsse und Bäche in ihren Schluchten und Thälern meist geringes Gefälle und unregelmässige, stark gekrümmte Rinnen haben, auf dem steinigen oder sandigen Grunde der Thalsohle abgelagert werden. So ist im Laufe langer Zeiträume in den tief gelegenen Teilen der Insel eine fruchtbare Schicht entstanden, welche — nachhaltige Urbarmachung, zeitweise Ruhe, sorgsame Düngung vorausgesetzt — in mittelguten Jahren der Kolonisation, selbst dem Ackerbaue nicht unerhebliche Aussichten gewährt, wiewohl Sachalin wegen der Rauheit seines Winters und der Kürze seines Sommers bereits nordwärts der Linie der regelmässigen Getreidereife gelegen ist. 1890 hat eine eingehende Untersuchung des Bodens der Insel hinsichtlich der Frage stattgefunden, ob und wo derselbe nach seinen Bestandteilen und nach der Tiefe der winterlichen Gefrierschicht den Getreidebau mit einiger Aussicht

auf Erfolg gestattet. Diese Erhebungen, welche Prof. Dokutschajew der Universität St. Petersburg geleitet hat, brachten die Erkenntnis, dass nordwärts der Linie Kap Tyk—Mündung des Nabilj auch das Sommergetreide wegen der nicht hinreichend langen Auftauung der obersten Bodenschicht nicht zur Reife gelangen kann. Dagegen soll die fruchtbare Alluvialschicht des mittleren, insbesondere aber des auch klimatisch mehr begünstigten südlichen Sachalin dem Getreidebaue nicht wesentlich schlechtere Bedingungen bieten als z. B. Westrussland. Derartige Ablagerungen brauchbaren Ackerbodens finden sich auf Sachalin im Thale des Tym bis Slawo, in dem des Poronaj bis Waljse abwärts, namentlich aber im südlichsten Teile der Insel in den Thälern des Najbutschi und der Susuja. Vereinzelt wird Ackerland an der mittleren Westküste längs des Unterlaufes der kleinen Gebirgsbäche — etwa von Sagorino bis Arkowo — angetroffen. Gänzlich kulturunfähig sind die Torf- und Moossteppen der Tundren, welche hier ebenso tot und öde sind wie längs des Nordsaums des sibirischen Festlandes. Die Tundren, deren Torfschicht eine Mächtigkeit bis zu 15 *m* hat, bedecken die breiten Thäler des unteren Tym und namentlich des unteren Poronaj, sowie die Nordküste der Tjerpjenjabai.

Das Klima der Insel ist excessiv; die Hitze steigt im Sommer bis auf 33° C., im Winter treten dagegen Temperaturen von —35° C. ein. Mehr als die Hälfte aller Tage des Jahres hat Niederschläge. Dichte Nebel sind häufig, namentlich an der klippenreichen Küste.

Die Hawaiischen Inseln schildert A. Marcuse in einem grösseren Werke [1]), welches 4 Karten und 40 Abbildungen nach photographischen Originalaufnahmen bringt. Verfasser hat die Inseln während eines 13-monatlichen Aufenthaltes nach den verschiedensten Richtungen durchforscht, und da wir es mit einem (astronomisch gebildeten) Fachmanne zu thun haben, so sind seine Beobachtungen wissenschaftlich überaus wertvoll. Besonders den vulkanischen Erscheinungen widmet Marcuse seine Aufmerksamkeit. Die Inseln sind fast durchweg vulkanisch, ausser vulkanischen Gesteinen, die meist basaltisch sind, kommen nur Korallenriffe und Wüstensand vor. Auf den Bergspitzen finden sich auch trachytische Gesteine. Die hawaiische Landesvermessung hat seit 1890 gute Karten der ganzen Inselgruppe geliefert im Massstabe von 1:480000, einzelne Teile auch im Massstabe von 1:60000 und 1:6000.

Seeschwankungen und Veränderungen der Meeresküste in Skandinavien. Seit ungefähr 150 Jahren ist die Thatsache bekannt, dass an verschiedenen Küstenstrecken Schwedens der Wasserspiegel der Ostsee zurücktritt, und seit Leopold v. Buch hat man dies dadurch erklärt, dass die Ostseeküste Skandinaviens in lang-

[1]) Berlin 1894. Verlag von Friedländer & Sohn.

samer Erhebung begriffen sei. Auch die Nordseeküste dieses Landes zeigt deutlich Merkmale allmählicher Erhebung. Man findet dort bis zu 150 *m* über dem heutigen Meeresspiegel Reste von Seetieren und horizontale Einschnitte an den Felsabhängen, die mit dem Namen »alte Strandlinien« bezeichnet werden. Die wissenschaftliche Deutung dieser Thatsache ist indessen sehr schwierig, und die Ansichten der Geologen gehen über die Ursache der anscheinenden Hebung Skandinaviens noch sehr auseinander. Dr. Robert Sieger hat es in den letzten Jahren unternommen, alle in Skandinavien überhaupt vorhandenen Aufzeichnungen über den Stand der dortigen Landseen und den Verlauf des Meeresstrandes zu sammeln und zu untersuchen. Diese grosse und wichtige Arbeit ist nun veröffentlicht worden, und Dr. Sieger hat aus derselben diejenigen Schlüsse abgeleitet, welche den Beobachtungen am besten entsprechen[1]). Was zunächst die jährlichen Schwankungen im Wasserstande der skandinavischen Binnenseen anbelangt, so ergiebt sich, dass diese wesentlich von ihrer Speisung, also von den Niederschlägen und der Temperatur abhängen und, soweit sich erkennen lässt, an allen Ufern derselben gleichmässig sind. Die Ostsee zeigt auch eine jährliche Schwankung ihres Niveaus, und zwar tritt diese an allen Ufern gleichmässig ein. Nur bei der Frühlingsflut der deutschen Flüsse zeigt sich ein Gegensatz zwischen der deutschen und schwedischen Küste und bisweilen, wohl als Wirkung des Windes, im Winter. Der Betrag der Schwankung an den einzelnen Stationen und damit das Gefälle zwischen den gegenüberliegenden Ufern der Ostsee ist verschieden, es scheint im Winter vorzugsweise von Luftdruck und Wind, sonst aber von Unterschieden der Wassermenge bestimmt zu werden. Schwankungen des Wasserstandes innerhalb längerer Zeiträume kommen sowohl bei den Binnenseen Skandinaviens als bei der Ostsee vor. Die Volksmeinung behauptete solches schon im vorigen Jahrhunderte, und vielfach glaubte man, dass das Anschwellen der Seen dürre Jahre bringe. Dr. Sieger hat nunmehr festgestellt, dass die von Brückner nachgewiesene 35-jährige Periode der klimatischen Schwankungen auch bei den skandinavischen Seen und der Ostsee statthat. Es finden zwar örtliche Abweichungen statt, aber im ganzen erfolgen die Schwankungen gleichförmig, d. h. in gewissen Jahren sind überall hohe, in anderen niedrige Wasserstände. Neben diesen Schwankungen tritt in den Wasserstandstabellen, und zwar deutlich am Meere, weniger deutlich an der See, ein langsames Sinken des Wasserspiegels hervor. Diese Thatsache desselben für das Meeresufer bedarf bei der Augenfälligkeit des Vorganges kaum eines besonderen Nachweises. Diese einseitige Verschiebung der Strandlinie zeigt sich indessen an der Küste nur im Norden der Ostsee und des Finnischen Meerbusens, fehlt jedoch der Gegenküste. Die Seen im Inneren bleiben dagegen im Sinken ihres Wasserspiegels um so stärker hinter

[1]) Zeitschrift der Ges. f. Erdk. in Berlin. **28.**

dem Meere zurück, je weiter landeinwärts sie liegen, im Inneren ist ihre Abnahme überhaupt zweifelhaft. Eine klimatische Veränderung, welche die in Rede stehende Strandverschiebung erklären könnte, hat während der letzten Jahrhunderte nicht stattgefunden. Die Grösse der Verschiebung, der Betrag der Hebung, unterliegt Schwankungen. Die relativen Werte dieser Verschiebung nehmen nicht nach einer bestimmten Himmelsgegend zu oder ab, sondern gruppieren sich um gewisse Zonen grösster und geringster Hebung. Die Zone grösster Verschiebung verläuft parallel der Axe der skandinavischen Halbinsel, das Gebiet geringster Verschiebung liegt um die mittlere Ostsee herum. Zu Anfang des 18. Jahrhunderts war der Betrag der Hebung grösser als vorher, er hat von da an bis zur Gegenwart abgenommen. Gewisse Thatsachen aus historischen Bauten und vorhistorischen Funden nötigen zu der Annahme, dass die Verschiebung (Hebung) vorher entweder sehr langsam erfolgte oder vor wenigen Jahrhunderten überhaupt erst begann. Das sind die Thatsachen, denen jede Erklärung der Hebung gerecht werden muss. Als die zur Zeit wahrscheinlichste Erklärung zeigt sich diejenige, welche die Strandverschiebung auf eine Bewegung des Festlandes zurückführt, also auf ein langsames Emporschweben desselben. Weitere Beobachtungen an der Küste und im Inneren des Landes müssen aber erst Klarheit darüber verschaffen, ob die »Hebung« Schwedens und Finnlands nur in einer Verschiebung der Strandlinie besteht oder auch mit Veränderungen im Inneren des Landes verknüpft ist.

Ein Versuch zur Erklärung der Oderbucht ist von W. Deecke gegeben worden[1]). Der auffällige Knick, den die pommersche Ostseeküste zwischen Arkona und Kolberg gegen Süden erleidet, und der zur Bildung der tiefen Oderbucht führt, hat schon mehrfach Geographen und Geologen beschäftigt und mancherlei Erklärungsversuche veranlasst. Den besten hat Lossen gegeben. Er wies nämlich auf die Parallelität der mecklenburgischen und hinterpommerschen Küsten mit dem Streichen des Erzgebirges und auf die gleichen Beziehungen des Thüringer Waldes oder des hercynischen Systems zu der Uferlinie Arkona-Swinemünde hin und führte diese Übereinstimmung auf Faltungsvorgänge zurück, die parallel zu den genannten Gebirgen im Untergrunde des norddeutschen Flachlandes stattgefunden und sich bis an den Rand der skandinavischen Masse erstreckt hätten. Das hercynische System trete sogar in Schonen noch so stark hervor, dass Streichrichtung der Hügelrücken und Verteilung der Formationen dadurch allein bestimmt würden. Die Insel Bornholm dagegen läge in der Mitte zwischen beiden Systemen und wäre daher von beiden in fast gleichem Grade beeinflusst, wodurch sich ihre rhombische Gestalt erkläre. Durch das Absetzen der einen und den Wiederbeginn der anderen Faltungs-

---

[1]) Zeitschrft. d. deutsch. geolog. Gesellschaft 1893 Nr. 4. p. 563.

richtung seien endlich die Oderbucht und der Winkel der Küstenlinie entstanden. Durch neuere Untersuchungen haben diese im allgemeinen richtigen Betrachtungen Lossen's einige kleine Änderungen erfahren, von Nathorst und Cohen, an welche Verf. anknüpft. Er giebt folgende im Originale näher begründete Geschichte für den Bau jener Gegend: »Bis etwa in das Devon reicht das skandinavische Grundgebirge in breiteren Streifen in das Gebiet der jetzigen pommerschen Küsten. Dabei zerlegte der grosse N—S laufende småländische Sprung dasselbe in zwei Abschnitte, die sich wenigstens bis Bornholm in ein Gneiss- und Granitterritorium schieden. An ihrer Grenze stiegen die Hyperite, im Granite auf zahlreichen, NNO—SSW gerichteten Klüften die Diabase empor. Die ältere erzgebirgische Faltung traf am meisten den östlichen granitischen Teil, dessen Grenzen sie erst zur Zechsteinzeit, dann wieder im oberen Jura und Senon bestimmte. Die jüngere hercynische Senkung und ihre durch das Mesozoicum fortgesetzte Bruchbildung berührten in entsprechender Weise den westlichen Abschnitt und haben dessen südliche Partien in solchem Grade zerstückelt, dass Jura- und Kreidemeer bis nach Schonen hinauf vordringen konnten. An dem N—S-Bruche setzen aber beide Systeme der Hauptsache nach ab, so dass selbst die energische hercynische Spaltenserie zunächst nicht weit über Bornholm hinausreichte, und zur Jurazeit noch ein bis gegen Cammin hin nachweisbarer Grundgebirgsstreifen erhalten blieb. Erst in der oberen Kreidezeit wurde auch diese Barriere durchbrochen, doch genügte der Einfluss des hercynischen Systems wiederum nicht zur Umgestaltung der hinterpommerschen tektonischen Eigentümlichkeiten. Westlich von einer Linie Stettin-Nexö herrscht daher ein Zusammenwirken des hercynischen und småländischen, östlich derselben ein solches des småländischen und erzgebirgischen Systems. Wo die drei zusammenstossen, liegt der auffällige Küstenknick mit der Oderbucht."

Die Entstehung der skandinavischen Strandlinien ist von G. de Geer untersucht worden[1]). Nach einer Besprechung der Hypothesen von Suess und Penck kommt de Geer zu dem Schlusse, dass die Verschiebungen der Strandlinien in Skandinavien nicht scheinbare, durch Änderungen im Meeresniveau hervorgerufene seien, sondern wirklichen Hebungen und Senkungen der Erdoberfläche entsprungen sind.

Man kann dort aus den hinterlassenen marinen Bildungen und den darin eingeschlossenen, völlig voneinander verschiedenen Faunen zwei Senkungsperioden, eine spätglaziale und eine postglaziale ableiten, die beide je von einer Hebungsperiode abgelöst wurden. Bei Bestimmung der Höhenlage der obersten spätglazialen marinen Strandlinie hat man in der

---

[1]) Geol. Fören. Förhandl. Nr. 117. **10.** Heft 5. p. 366 u. ff. **12.** Heft 2. p. 61 u. ff. Ref. von Wahnschaffe i. Neuen Jahrb. f. Mineralogie 1894 I. p. 166, wonach oben der Text.

grossen Mehrzahl der Fälle nicht genau bestimmt, ob die betreffende Strandlinie die wirkliche marine Grenze oder nur die am höchsten beobachtete marine Spur darstellt. Durch eine Kritik der vorliegenden Untersuchungen über die Strandlinien an der norwegischen Küste sucht De Geer nachzuweisen, dass die älteren Beobachtungen und Schlussfolgerungen Bravais' sich vollständig aufrecht erhalten lassen, so dass in der That die Strandlinien von dem Inneren der Fjorde sich nach dem Meere zu neigen, und die oberen eine grössere Neigung als die unteren besitzen. Es wird sodann die Annahme Pettersen's widerlegt, dass die Bedingungen für die Entstehung der Strandlinien im Inneren der Fjorde früher eingetreten seien als nach dem Meere zu. Auch hat er keinen Beweis für seine Behauptung geliefert, dass Strandlinien nicht ungleichförmig emporgehoben sein könnten, sondern dass sie alle vollkommen horizontal sein müssten. Eine Hauptstütze für die Senkung der Strandlinien nach der norwegischen Westküste zu sieht Verf. darin, dass A. Geikie, Peach, Horne und Helland auf den Shetlandsinseln nirgends hochliegende marine Strandlinien und Terrassen nachweisen konnten.

Für die Bestimmung der Höhenlage der spätglazialen marinen Grenze ist Schweden besonders geeignet, weil dort in vielen Fällen der ehemalige Strand aus Moränengrus bestand, der durch die Einwirkung des Meeres in typische Strandwälle und Erosionsterrassen umgebildet wurde. Aus den vom Verf. seit 1883 in dieser Richtung angestellten Untersuchungen ergab sich, dass diese spätglaziale marine Grenze an einer Menge von Punkten in überraschender Schärfe nachgewiesen werden konnte, und dass sie rings um Skandinavien und Finnland eine nach aussen zu abnehmende Höhenlage besitzt. Um eine Übersicht über die bereits vorliegenden und neu hinzugekommenen Beobachtungen zu gewinnen, hat Verf. alle gleichhoch liegenden Punkte der obersten marinen Grenze durch Linien miteinander verbunden, die er, da es sich um ein Aufsteigen des Landes handelt, als »Isoanabasen« bezeichnet hat. Auf einem beigegebenen Kärtchen sind diese Isoanabasen mit einer Äquidistanz von 60 *m* eingetragen worden. Es zeigt sich, dass die grösste Hebung in der Mitte des Gebietes stattfand und von dort aus mehr und mehr abnahm, bis sie südlich von Seeland und Bornholm den Nullpunkt erreichte. Die Erscheinung war nach Ansicht des Verf. lokaler Natur und hat nichts zu thun mit den allgemeinen Veränderungen der Meeresoberfläche. Die Neigung der marinen Grenze beträgt im allgemeinen 1 : 2000 bis 1 : 3000. Die Strandverschiebungen waren in vielen Fällen viel zu gross, als dass sie durch lokale, auf der Attraktion des Inlandeises beruhende Veränderungen der Meeresoberfläche erklärt werden könnten.

Hinsichtlich der Beziehungen, welche zwischen dem Hebungsgebiete und der Verbreitung der letzten Inlandeisdecke, sowie der Ausdehnung des durch Denudation entblössten Urgebirges bestehen, verweist Verf. namentlich auf Croll und Jamieson. Mit letzterem nimmt er an, dass durch die Eisdecke die Erdoberfläche herabgedrückt wurde, und dass sie nach dem Verschwinden derselben sich wieder heben musste. Skandinavien lag beim Beginne der Eiszeit nicht wesentlich höher als jetzt, es hat seine charakteristischen topographischen Züge bereits vor der älteren Kreidezeit erhalten.

Hieran schliesst sich eine Besprechung der spätglazialen Strandlinie in Nordamerika, zunächst innerhalb des Great Basin, wo die Binnenseen und unter ihnen namentlich der Grosse Salzsee, infolge des feuchteren Klimas während der zwei Eiszeiten, zweimal einen aussergewöhnlich hohen Wasserstand besessen haben. Bei dem höchsten Wasserstande während der zweiten Vereisung bildeten sich am Grossen Salzsee nacheinander zwei deutliche Strandlinien, die Bonneville- und die Provolinie aus, die jedoch keineswegs horizontal verlaufen, sondern am höchsten an den früher in den zentralen Teil des Sees hineinreichenden Inseln und Vorsprüngen liegen.

und sich von dort nach aussen zu senken. Dabei senkt sich die Provolinie langsamer als die Bonnevillelinie, so dass sie nach aussen zu konvergieren, ganz so, wie es Bravais von den Strandlinien am Altenfjorde angegeben hat. Die Neigung der Strandlinien des Grossen Salzsees beträgt im Mittel 1 : 1500 oder 138", ist also ungefähr doppelt so gross als die mittlere Neigung des skandinavischen Hebungsgebietes. Die Hebungserscheinungen am Grossen Salzsee sind lokaler Natur und wurden möglicherweise hervorgerufen durch die Aufhebung des Druckes, welche mit dem Verschwinden der grossen Wassermassen des Sees verknüpft war. Auch die nach den vorliegenden Litteraturangaben gezogenen Isoanabasen im östlichen Küstengebiete Nordamerikas besitzen eine deutliche Neigung nach SO zu. Ebenso zeigt der infolge einer Abdämmung durch das Inlandeis ehemals entstandene Lake Agassiz ungleichförmig erhobene Strandlinien.

Im Gegensatze zu seiner früheren Auffassung nimmt Verf. jetzt nicht mehr zwei, sondern eine postglaziale Landsenkung für Skandinavien und Estland an. Die Strandwälle derselben hat Verf. auf der Halbinsel östlich von Sölvesborg, sowie in Halland und im westlichen Schonen an verschiedenen Punkten deutlich nachweisen können; auch liess sich erkennen, dass diese Strandbildungen an einigen Stellen von torfartigen Massen unterlagert wurden. Nach den von ihm beobachteten Punkten und den aus Dänemark und Gotland vorliegenden Angaben hat Verf. den Versuch gemacht, auf einem im Texte eingedruckten Kärtchen die Isoanabasen für die postglaziale Erhebung in Abständen von 10 zu 10 *m* einzutragen. Aus ihrem Verlaufe geht hervor, dass man im Kristianiathale keine postglazialen Mollusken über 50—60 *m* finden wird. Durch die Entdeckung von Ancylus-Schichten in Estland, sowie auf Gotland scheint bewiesen zu sein, dass die Ostsee einmal einen wirklichen Süsswassersee bildete, und nach Munthe's Auffassung ist es sehr wahrscheinlich, dass diese Überflutung am Schlusse der spätglazialen Zeit eintrat, als die Ostsee von der Nordsee abgesperrt war. Die ungleichförmigen Hebungen dürften nach De Geer hierfür eine genügende Erklärung bieten, und die Einwanderung der Süsswasserfauna scheint nach seiner Ansicht nach Abdämmung des Sundes vom Wetternsee aus erfolgt zu sein. Die Ostsee erhielt später ihren Salzgehalt während der postglazialen Senkung, die der Erhebung der Ancylus-Schichten folgte, durch den Öresund und den grossen und kleinen Belt. Mit diesem Salzwasserstrome wanderte während des ersten Abschnittes der Postglazialzeit Littorina littorea L. und Rissoa membranacea Adams bis in den Bottnischen Busen ein, die gegenwärtig nach Abnahme des Salzgehaltes nur im südwestlichsten Teile der Ostsee vorkommen.

Die Ursache der langsamen Hebung von Skandinavien findet A. Badoureau in Übereinstimmung mit Drygalski und de Lapparent in einer Erwärmung des Bodens dieses Landes, die Drygalski zuerst als die Veranlassung der beobachteten Wirkung aufgestellt hat. Badoureau weist nun, auf wahrscheinliche Annahmen gestützt, durch eine Rechnung nach, dass die durch die Erwärmung hervorgebrachte Wirkung der beobachteten faktisch gleich ist. Bekanntlich bedeckten in der letzten Eiszeit die skandinavischen Gletscher die ganze Halbinsel, die Ostsee und Finnland mit einer Eiskalotte von etwa 1500 *km* Durchmesser. Wo der dicke Eismantel den Boden berührte, da hatte dieser die Temperatur 0°. Gegenwärtig ist die mittlere Temperatur der Luft und also die Temperatur des Bodens in Skudesnaes 7.1°, in Röraas —2.5°, im Durchschnitte also kann sie zu etwa 3° angenommen werden. Somit hat sich der Boden seit der Eiszeit um ungefähr 3° erwärmt.

Schätzt man den linearen Ausdehnungskoeffizienten der Gesteine dieses Bodens auf 0.000 008, dann hat sich ein Bogen von 1 500 000 *m* um 36 *m* verlängert. Wenn nun der Umriss der Eiskalotte unverändert geblieben, würde die Hebung des Zentrums 229 *m* betragen, vorausgesetzt, dass die Zahl 3° richtig ist, und die Isoanabasen oder Linien gleicher Hebung wären dem Umrisse parallel. Diese Ergebnisse der Rechnung stimmen nun mit der Karte dieser Isoanabasen, die 1890 von de Geer gezeichnet worden, soweit dies bei dem Mangel an Homogenität der Masse und an Festigkeit der Ränder möglich ist [1]).

Die Fjordbildungen sind Gegenstand einer morphographischen Studie von P. Dinse gewesen [2]). Die Frage nach den Ursachen der Fjordbildung versucht Verfasser nicht zu lösen, hält übrigens die Zeit dafür auch nicht für gekommen, da es noch völlig an einer genügenden Menge guten Beobachtungs- und Messungsmateriales fehlte; seine Hauptaufgabe sieht er in einer durch Anwendung der vergleichenden Methode zu erreichenden Feststellung des Fjordtypus. Auf Grund spezieller Ausführungen zum Zwecke der Bestimmung der eigentlichen Fjordformen kommt Verfasser zu folgenden Ergebnissen.

»1. Es ist zu unterscheiden zwischen Fjordbuchten oder eigentlichen Fjorden, Fjordstrassen oder Sunden, und Fjordseen.

2. Fjordbuchten sind Meeresarme, die senkrecht oder unter steilen Winkeln zur Küste in das Land hineinschneiden und sich dort meist verästeln. Sunde sind durch Konvergenz von Fjordbuchten oder durch die Verbindung von Fjordbuchten mit einer der Küste parallelen Rinne gebildete beiderseitig offene Wasserstrassen; Fjordseen sind beiderseitig geschlossene Binnenfjorde.

3. Fjorde treten stets gesellig auf.

4. Die Gesamtheit der Oberflächenformen eines Fjordgebietes ist durch Parallelität der Elemente der Küstenzone einheitlich verbunden.

5. Fjorde sind von geringer, auf längere Erstreckungen hin gleichbleibender Breite. Die Länge übertrifft die Breite stets um ein Vielfaches.

6. Das Mass der Ausbildung des Fjordphänomens ist von der mehr oder minder grossen Erhebung des Landes abhängig.

7. Sundbildung und Inselabschnürung finden sich besonders ausgebildet an flachen Küstenteilen.

8. Die Wände der Fjorde über und unter dem Wasserspiegel sind steil. Der Querschnitt zeigt eine Trogform mit steilem Abfalle und flachem Boden.

9. Durch den Gegensatz der Fjordtiefen und des flachen Vormeeres stellen die Fjorde geschlossene Becken dar. Soweit diese

---

[1]) Naturw. Rundschau 1894. Nr. 9.

[2]) Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. in Berlin. **29.** p. 189 u. ff.

Becken einheitlich sind (Becken erster Ordnung), sind sie stets sehr schwach geneigt.

10. Die meisten Fjordbecken werden durch höher aufsteigende Schwellen in Binnenbecken geteilt. Diese Becken zweiter Ordnung sind in der Regel stärker geneigt.

11. Eine Regelmässigkeit der Form dieser Becken ist nicht nachweisbar.

12. Die Fortsetzungen der Fjorde, übermeerisch in Fjordthälern, untermeerisch in Fjordrinnen, stimmen in allem mit den Formen der Fjorde überein.

Als Definition des Begriffes »Fjord« ergiebt sich demnach:

Fjorde sind in der Regel gewundene, steile und tiefe Buchten und Meeresstrassen an gebirgigen Festlands- oder Inselküsten, die im Querschnitte eine Trogform, im Längsschnitte ein zwischen sanften Wölbungen und seichten Mulden unruhig wechselndes Bodenrelief aufweisen. Die durch Fjordbildungen ausgezeichneten Küsten sind durch die stets in grosser Anzahl auftretenden Buchten und Strassen sehr zerrissen und inselreich.«

Dinse unterscheidet von den Fjorden die fjordartigen Küstenbildungen. Hierher gehören die Küsteneinschnitte von Maine und gewisse Küstenstriche der grossen nordamerikanischen Seen. Verwandte Formen finden sich an den Ufern der grossen Seen der baltischen Platte und besonders auf dem Schollenlande, welches das norwegische Rumpfgebirge mit der russischen Tafel verbindet. Dies ganze Land ist der Schauplatz der Entwickelung des Fjärd- und Schärenküstentypus. Sie beginnt an der Ostseite des Kristiania-Fjordes, wird dann südlich von Gothenburg durch die auch geologisch selbständige Landschaft Schonen unterbrochen und setzt darauf an der Ostküste wieder bei Kalmar ein, um nun den ganzen Botnischen Meerbusen und die Nordseite des Finnischen Meerbusens zu umziehen.

Die Fjärde sind schmale, gewundene Meeresstrassen, die sich häufig sehr weit in das Innere hinein verzweigen. Wie die Fjorde sind auch sie meist senkrecht zur Küstenlinie in das Land eingeschnitten. Der Parallelismus beschränkt sich aber nur auf den allgemeinen Zug der Wasserstrassen. Die Inseln, Riffe und untermeerischen Bänke sind oft in Reihen geordnet; aber es fehlt gerade das, was bei den Fjorden, im Küstengebiete von Maine und selbst noch an den Ufern der amerikanischen Binnenseen diesen Parallelismus so charakteristisch machte, die Übereinstimmung der Richtungen der Einzelformen. Die Landzungen, die langgestreckten Inseln mit parallelen Ufern fehlen im Fjärdgebiete. In den Fjärden wechseln breite seeartige Erweiterungen mit den schmalsten Engen; die Inseln haben die unregelmässigsten Formen. Erweckt der Anblick einer Fjordregion den Eindruck, als sei das ganze Land mit einer Riesenegge bearbeitet worden, so glaubt man, in einem Gebiete der Fjärdküste ein wild und unregelmässig zerhacktes Land zu sehen. In

der Regel sind auch die Fjärdbuchten im Eingange schmal und durch vorliegende Inseln gedeckt, doch findet man auch häufig weitgeöffnete Buchten.

Wenn wir in Fjärden und Schären die Erscheinungen zu sehen haben, die an wenig erhobenen, flachen, aber meist alten Tafellandschaften den Formen der Fjorde und der Fjordinseln hoher Gebirgs- und Plateauländer entsprechen, so sind im Gegensatze zu ihnen die Föhrden die verwandten Erscheinungsformen an den Küsten niedriger, hügeliger, in der Regel jüngerer Landschaften.

Die Verbreitung des Föhrdentypus ist, soweit bis jetzt bekannt ist, eine sehr beschränkte. Man hat ihn den zimbrischen oder auch den dänischen genannt, weil er nur an den Küsten der dänischen Inseln und an der Ostküste der Jütischen Halbinsel von Kiel bis Aalborg vorzukommen schien. Vielleicht sind aber auch die Einschnitte an der Nordküste Amerikas und auf den Inseln des Arktischen Archipels eher dem Föhrden- als dem Fjordtypus zuzuzählen; auch mag es zu rechtfertigen sein, wenn man in den Firths der schottischen Ostküste eine Annäherung an den Föhrdentypus erblickt. Die Formen der Föhrden sind sehr verschieden; neben breiten, oft netzartig verzweigten Buchten finden sich sackähnliche Einschnitte wie die Apenrader und Eckernförder Föhrden, und schmale, gewundene, einzelne Einschnürungen aufweisende Buchten wie der Mariager-, der Veilefjord, die Flensburger Föhrde, die schmalen Strassen, die zu den Städten Hadersleben und Schleswig führen, und endlich der treffliche Hafen von Kiel. Bei dem letzteren ist die Ähnlichkeit mit den Fjorden am auffallendsten.

Alle sogenannten fjordähnlichen Einschnitte (mit der einzigen Ausnahme der dalmatinischen Küste) sind von F. von Richthofen unter dem Namen der Riasbuchten zusammengefasst und als eine besondere Form der Küstenbildungen den Fjordbuchten gegenübergestellt worden [1]). Die Rias sind Einbuchtungen, die wesentlich nur an Transversalküsten vorkommen, während die Fjorde in reiner Form fast ausnahmslos nur an Längsküsten zu finden sein sollen.

Der Charakter der Fjordküsten muss nach Dinse auch heute noch auf jene Küstenstrecken beschränkt werden, auf die ihn einst Peschel bezog. Die äquatoriale Grenze des Fjordküstentypus der nördlichen Halbkugel ist eine Linie, die in den amerikanischen Kontinent im Westen ungefähr unter dem 48. Breitengrade eintritt, ihn im Osten bei Portland (44 ° n. Br.) verlässt und in Europa bis zum 53 ° n. Br. (Irland) und dem 58 ° n. Br. (Kap Lindesnaes) ansteigt. Auf der südlichen Halbkugel beginnt die Fjordbildung in Südamerika mit dem 42. Grade, in Neuseeland mit dem $43^1/_2$ Breitengrade. Da Afrika den 38. Grad kaum überschreitet, ist dieser Erdteil ganz ohne ein Fjordgebiet geblieben. Die annähernde Übereinstimmung dieser Grenze mit der 10 °-Jahresisotherme und der

[1]) von Richthofen, Führer p. 306—310.

Polargrenze der Regen zu allen Jahreszeiten bewog Peschel zu dem Schlusse, die fjordartige Zerklüftung der Küsten sei eine klimatische Erscheinung, deren Vorkommen an niedrige Temperaturen und reichliche Niederschläge gebunden sei. Er bemerkte, dass eine westliche Lage der Küste augenscheinlich als eine örtliche Begünstigung der deutlichen Entwickelung des Typus aufzufassen sei. Mit vollem Rechte verneinte er aber eine Beschränkung des Auftretens der Fjorde auf westliche oder nördliche Küstenlage. Einmal finden sich Fjorde an den Ostküsten Nordamerikas, Grönlands, Islands und an allen Küsten Spitzbergens. Dann machte aber auch Peschel schon darauf aufmerksam, dass die schwedische Abdachung des skandinavischen Hochlandes durch Überflutung des vorliegenden Landes ebenfalls zu einer typischen Fjordküste werden würde. Die langgestreckten »schlauchartigen« Thalseen der östlichen Gebirgsabdachungen sind den westlichen Fjordseen unbedingt vergleichbar, und gelänge es den Weltmeeren, die Ostabhänge der norwegischen und schottischen Hochlande, der südlichen Anden oder des neuseeländischen Gebirges zu bespülen, würden sie auch dort Fjorde und Sunde schaffen.

Schon in den ersten beiden Bearbeitungen seines Aufsatzes über die Fjordbildungen hatte Peschel auf Grund dieser Beobachtungen nicht umhin gekonnt, den Gletschern einen Anteil an der Herausbildung und Erhaltung der Fjorde einzuräumen. In der dritten Auflage liess er sich durch Reclus bewegen, die Fjorde mit der Thatsache und den Erscheinungen der Eiszeit in Verbindung zu bringen. Beiden Gelehrten war entgangen, dass derselbe Gedanke schon mehrere Jahre vor ihnen in bestimmterer Form ausgesprochen war. Schon im Jahre 1863 hatte Dana[1]) und fast gleichzeitig mit ihm Ramsay[2]) die Behauptung aufgestellt, dass Fjordbreiten und Driftbreiten dieselben sind.

Dieser Beschränkung des Vorkommens der Fjordbildungen auf Gebiete eiszeitlicher Vergletscherung ist seither vielfach widersprochen worden. Es geschah dies stets von seiten derjenigen, die, in Verkennung der durch morphographische Eigentümlichkeiten begründeten Sonderstellung der Fjordbuchten, den Umfang des Fjordbegriffs zu erweitern geneigt waren, und geschah von diesem Standpunkte aus mit Recht. Man wird sich aber endlich dazu entschliessen müssen, die Fjorde als ganz eigenartige Bildungen aufzufassen, die nur mit denen der Fjärd- und Föhrdenküsten als mit minder scharf ausgeprägten Übergangsformen zusammenzustellen sind. Für diese fällt aber — wie dies zum Schlusse nachdrücklich betont werden mag — die äquatoriale Grenze mit der der dereinstigen Vereisung zusammen. Es giebt keinen Fjord und keinen Fjärd, kein Stück Schären- und

---

[1]) Dana, Manual of Geology 1863. p. 543. 1876. p. 533.

[2]) Ramsay, On the glacial origin of certain lakes etc. Quat. Journ. of the Geol. Soc. 18. p. 201 u. ff.

keine Föhrdenküste, die jenseits der Linien läge, die wir bisher als die Äquatorialgrenzen der einst vergletscherten Polarzonen anzusehen gewohnt sind.«

Die Sockel der Koralleninseln. G. Gerland hat sich in einer interessanten Studie über diesen Gegenstand verbreitet[1]. Er weist nach, dass alle Koralleninselln der Tiefsee auf vulkanischen Sockeln aufgesetzt sind. Er führt dafür folgendes an:

1. Alle hohen Inseln des Ozeans sind vulkanisch, auch die einzelnen Berggipfel, welche aus grossen Atollen sich erheben: Sala y Gomez; Osterinsel 403 *m*; Pitkairn 338 *m*; Mangarewa (Gambier) 400 *m*; ferner (ausser Bellingshausen, Scilly, Lord Howe und Tetuaroa) die Gesellschaftsinseln: Tahiti 2336 *m*; Metia (Matia M, Maitia) 435 *m*; Eimeo 875 *m*; Borabora 1000 *m*; Raiatea 609 *m*; Maupiti 244 *m*; von den Australinseln Rimatara 100 *m*; Rurutu 400 *m*; Tubuai, Raiwawai 274 *m*; Rapa 662 *m* AK; Morotiri (Bassrocks) 105 *m*. Herveyinseln: Rarotonga 890 *m*; Aitutaki 137 *m* AK; Markesas: Fatuhiwa 1110 *m* AK; Motane 500 *m* AK; Tahuatu 1000 *m*; Hiwaoa 1260 *m* (M 2, 240 und 432); Fatuhuku 360 *m*; Uapu 1190 *m*; Uahuka 740 *m*; Nukuhiva: Bergkette von 564 bis 655 *m*, höchster Gipfel 1170 *m*, andere 780, 960 *m*; Motuiti 40 *m*; Hiau 690 *m* AK; Fatu-uhu 420 *m*. Sandwichinseln: Hawaii, Maunakea 4207 *m*; Maunaloa 4068 *m*; Maui 3047 *m*; Lanai 700 *m*; Molokai 1000 *m*; Oahu 1186 *m* und 954 *m*; Kauai 2000 *m*. Sodann die Karolinen, denn das Zentrum des Stillen Ozeans hat keine hohen Inseln: Kusaie 515 *m* (M 2, 349); Ponape 872 *m* AK; Ruk 304 und 213 *m* AK; Eap 219 *m*; Palau 490 *m* AK. Marianen: Guam bis 500 *m*; Rota 243 AK; Saypan 410 AK; Sarigan 600 *m*; Guguan hoch; Alamagan 706 *m*; Pagan 305 *m* AK; Agrigan 400 *m*; Assonsong 868 *m* AK; Uraccas (bei Meinicke Mangs) Vulkankrater, nicht sehr hoch; Farallon (bei M Uraccas) 313 *m* AK. Markus (Weeks) 154° O 60 *m* (?), Koralleninsel, am Strande mit schwarzen Felsen, daneben in der Tiefe von 2.7 *km* Lava (AK). Sodann die — sehr thätigen — vulkanischen Inseln des Tongaarchipels: Tofua 576 *m* AK; nach älteren Bestimmungen (Bethune bei M 2, 422) 854 *m*; Kao 923 *m* AK; nach Meinicke 1524 *m* und Late 546 *m*. Samoa: Savaii 1646 *m*; Upolu 975 *m*; Tutuila 709 *m*; Manuainseln 762 *m*. — Schliesslich noch die vereinzelten Inseln zwischen Samoa und der melanesischen Nitendigruppe: Futuna 762 *m* AK; Alofa mit heissen Quellen 366 *m*; Uea 60 *m* (AK Pl 987); mit Nuku Aeta 61 *m* (AK Pl 987) und mit kleinen Kraterseen, die wie Maare aussehen (Gräffe, Ausland 41, 532); Nivafu 152 *m* (AK, nach Gräffe und West bei M 2, 12 f., 423 *m*), sehr thätig. Nivatobutabu 107 *m*; Tafahi 610 *m*; Rotuma

---

[1] Gerland, Beiträge zur Geophysik. 2. 1. Heft. p. 29 u. ff.

274 *m*; seine Nebeninsel Uea oder Wea 214 *m*; Tukopia im Zentrum vulkanisch 914 *m* AK; Fataka 140 *m*; Anuta 107 *m*.

Auch da, wo bei korallenbedeckten Inseln das Sockelgestein aufgeschlossen ist, z. B. bei dem tonganischen Eua, zeigt es sich immer vulkanisch.

Alle diese Inseln ragen meist aus grosser Tiefe (2—4 *km*) auf; die angegebenen Höhen zeigen, wie mächtig dieser über den ganzen Ozean verbreitete Vulkanismus wirkte.

2. Der rote Tiefseeschlamm, welcher ja nach Murray und Renard aus submariner Zersetzung vulkanischer Materialien besteht, und der gerade im Pacific besonders häufig ist, muss hier ebenfalls angeführt werden. J. Murray behauptet, derselbe enthalte keinen Quarz, so häufig letzterer auch in den Küstenablagerungen sei (N. 32, Oktober 1885, 613); wo sich aber Quarz im roten Thone finde, da sei er accessorischer Bestandteil, durch Eis, Wind u. s. w. herzugeführt (Report Challenger, Deep-Sea Deposits, 1891, 195; 201). Gümbel freilich (Forschungsreise der Gazelle 2, 69 f., 106 f.) fand Quarzkörnchen in den roten Thonen recht häufig, bemerkt aber ausdrücklich (107, 108), dass sich dieselben aus zersetzten Vulkanprodukten nicht ableiten lassen; dass sie vielmehr zu dem Materiale gehören, welches in feinster Zerriebenheit durch die Flüsse ins Meer getragen werde. Hierbei ist wohl zu bemerken, dass die meisten Proben, die er untersuchte, aus den küstennahen Gegenden des Atlantic stammen; im Indischen Ozeane fand sich Quarz (Probe 46 und 47, 50, 15 N. 38, N. 49—52) nur in der Küstennähe von Mauritius, Madagaskar und Australien; auch im Stillen Ozeane erwähnt Gümbel den Quarz nur aus der Nähe von Australien, Fidschi u. s. w., dagegen fand er ihn in Tiefseeproben vom hohen Meere nicht, und überall herrschten die vulkanischen Materialien sehr reichlich vor. Ganz anders müsste sich das verhalten, wenn die Sockel der Koralleninseln etwa aus Granit oder irgend einem nicht vulkanischen Materiale bestünden. Quarz würde sich dann in den Tiefseethonen sehr reichlich, die vulkanischen Materialien sehr viel weniger vorherrschend finden. Fehlt aber der Quarz in den roten Thonen, wie sie über die ungeheueren Bodenflächen des Pacific ausgebreitet sind und nach Murray's Untersuchungen sich nur in ausserordentlich langen Zeiträumen ausbreiten konnten, dann können dieselben bei dem völligen Vorherrschen vulkanischer Bestandteile nicht bloss von den einzelnen wenn auch häufigen Vulkanausbrüchen im Ozeane, subaërischen und submarinen, nicht bloss von den Kontinenten stammen. Vielmehr muss dann im Ozeane überall und nur vulkanisches Gestein anstehen, müssen dann auch jene so sehr zahlreichen Sockel, welche die Atolle und Korallenklippen und -riffe tragen, ebenfalls aus vulkanischem Materiale bestehen, von denen feinste Teilchen auch jetzt noch losgelöst werden, deren erste Entstehung aber eine ungemeine Masse von vulkanischem Detritus ergeben musste. Gümbel (Gazelle 2, 103) ist der Ansicht, dass man, um die Bildung der zahllosen Mangan-

knollen des Meeresbodens zu verstehen, »untermeerische Ergüsse von Gasen oder Gewässern« annehmen müsse. Auch das Vorkommen zahlreicher grosser Bimssteinstücke auf einzelnen Stellen des Seebodens bringt er, wie die Manganknollen, mit »untermeerischen vulkanischen Eruptionen« in Verbindung.

3. Ein weiterer Beweis für die Vulkanizität aller Koralleninseln ergiebt sich aus ihren Böschungen, die meist sehr steil sind, ohne dass wir diese Steilheit immer auf Rechnung der Korallenbauten schreiben dürften. Es handelt sich hier um die gewaltige Steilheit dieser Inseln bis zum Meeresgrunde hinab. Wollten wir die meist in Reihen oder Gruppen angeordneten Koralleninseln für Gebirgsreihen ansehen, wie sie etwa durch Emporfaltung des Meeresgrundes entstanden wären, so spricht entscheidend dagegen schon das ausserordentliche Missverhältnis der Gipfelhöhen, wie sie die einzelnen Inseln zeigen würden, zu ihrem Grundrisse und zu der Gesamtmasse, dem Sockel der etwaigen Emporfaltung. Man vergleiche die Paumotu, wo wir auf dem Sockel Tiefen von 4.5 *km* finden, während der Vulkangipfel von Mangarewa 400 *m* über das Meer emporragt; oder die Verhältnisse der Phönixgruppe, unter denen die sehr kleine Insel Enderbury fast senkrecht in 3.6 *km* Tiefe abfällt. Nun haben wir ja im Ozeane an einzelnen Stellen Inseln, welche alte Festlandreste, alte Gebirgsreste sind, wie die Seychellen, die Comoren. Aber wie ganz anders sind hier die Verhältnisse als bei den Koralleninseln! Hier steigt die Sockelmasse bis hoch unter die Meeresoberfläche breit empor, sie fällt ferner in sehr allmählichem Böschungswinkel (etwa 8⁰) zur Tiefe ab; und wenn wir auf Mahe z. B. die kristallinischen Gebirge sich steil und klippenartig erheben sehen, so hat hier jedenfalls die Abrasion beim Untersinken des Gebirgsstockes und später die heftige Erosion diese scharfen Formen hervorgerufen. Auch bei den (ähnlich entstandenen) Lofoten, bei den westschottischen Inseln haben wir das gleiche an Entstehung wie Form: auch hier sehr hoch gehobener, breiter Sockel, sehr allmähliches Absinken der übermeerischen Gebirgsreste und daneben einzelne, auf den ganz flachen Sockeln sich erhebende Klippenreste. Man vergleiche die Tiefseekarte von Mohn (PM Ergänzungsheft 63, 1880).

Nun aber betrachten wir die Böschungen von Inseln, die wir direkt als Vulkaninseln kennen — etwa die Tristan d'Acunha-Gruppe, wie sie uns Challenger Phys. Part VII, 89 geschildert wird — Nightingale, von Tristan durch Tiefen von 1.8 *km* getrennt und dann noch über 160 *m* senkrecht ansteigend, oder Tristan selbst, mit unterseeischen Abfällen von 182 *m* und senkrechten Wänden von 600 *m* bei einer Gesamthöhe von 2330 *m*. Vergl. auch St. Pauls-Felsen, sowie Fernando Noronha bei Dietrich, Untersuchungen über die Böschungsverhältnisse der Sockel ozeanischer Inseln. Greifsw. 1892. S. 30. Wenn wir absehen von den Urgesteinnadeln in den Alpen u. s. w., welche durch äusserst thätige Erosion gebildet sind, so haben wir auf dem Festlande ähnliche steile Berge bei ähnlich kleinem Grund-

risse nur etwa in den Trachytbergen Neu-Mexikos, wie wir sie bei v. Möllhausen abgebildet sehen. Wir sind vollauf berechtigt, diese steilen Böschungen, wie sie viele dieser Tiefseeinseln bis zum Meeresgrunde zeigen, als Beweis für ihren vulkanischen Ursprung anzusehen.

4. Die reihen- oder gruppenweise Anordnung der meisten Koralleninseln ist nur kurz aber nachdrücklich zu erwähnen; ebenso die engste Nachbarlage, ja Verwachsung mancher Atolle. Würde sich z. B. Tahiti mit seinem Doppelkrater (Gross- und Klein-Tahiti) senken, so würde sich auf der Grundlage der Insel ein solches Zwillingsatoll entwickeln.

5. Wir finden Koralleninseln des Tiefmeeres gehoben, so dass ihre Korallenbedeckung über den Meeresspiegel aufragt; die Kleinheit dieser Inseln, sowie der Umstand, dass sie nicht gehobenen Inseln oft nahe benachbart sind, weist auf sehr enge Grenzen des jedesmaligen Hebungsgebietes hin. Wir finden sie in den verschiedensten Gegenden, und stets hat man ihre Hebung auf vulkanische Thätigkeit zurückgeführt. Eine andere Möglichkeit der Erklärung kennen wir nicht, und bei nachweislich vulkanischen Inseln hat man ähnliche Hebungen, der ganzen Insel oder einzelner Teile, konstatieren können. So an den Bermudas, den hawaiischen Inseln, am Gunung Api in der Bandasee (Challenger Phys. Part VII, 754) u. s. w. Von nicht vulkanischen Inseln kennt man solche Hebungen nicht: die Koralleninseln stimmen also auch in dieser merkwürdigen Erscheinung mit den Vulkaninseln überein. Barbados gehört nicht hierher.

6. Wir finden verschiedene Koralleninseln ganz vereinzelt aus der Tiefsee aufragen; fern von den grossen Inselzügen und -gruppen tauchen sie sehr steil und unvermittelt aus Tiefen von mehreren Kilometern auf. Ähnlich isoliert erheben sich nur Vulkaninseln, und mehrere dieser isolierten Koralleninseln, wie die Bermudas, zeigen vulkanisches Gestein. Wir sind genötigt, alle diese isolierten Inseln als Vulkanbildungen mit Korallenbekrönung aufzufassen.

7. Die auf den Koralleninseln gar nicht seltenen Erdbeben sind wenigstens kurz zu erwähnen.

Was die Bildungsweise der Koralleninseln anbelangt, so gelangt Gerland zu dem Ergebnisse, dass sie auf verschiedene Art vor sich geht und im Flachmeere anders als im offenen Tiefmeere. »Dort ist Entstehung der Riffe durch Emporwachsen vom flachen Meeresgrunde, Sockelbildung durch Aufschüttung, Bildung von Korallen-inkrustationen durch säkulare Hebung von Inseln möglich, im Tiefmeere ist dieselbe absolut ausgeschlossen.

Die Korallenbildung im Tiefmeere lässt sich nicht mit Suess durch Äquatorialverschiebungen der Meere erklären. Aber auch ebensowenig durch Einsenkung des gesamten Meeresbodens, wie Darwin will, oder grösserer Partien desselben, wie einzelner Schollen

der Erdrinde oder grosser Flachmeerregionen mit Inseln und Bergketten.

Die Atoll- und Riffbildung im Tiefmeere zeigt, und zwar in den verschiedensten Erdepochen, auch in der jetzigen, Korallenmächtigkeiten von mehr als 1 *km* in oft beinahe senkrechter Erhebung. Sie ist schon an sich nur durch Senkung zu erklären.

Direkte Beweise für die Senkung ozeanischer (zunächst pazifischer) Inseln ergeben sich durch die Bildung der Küsten und Thäler, sowie durch die Bohrungen, welche auf Oahu gemacht sind.«

Sind aber einerseits die Atolle nur durch Senkung ihrer Grundlage zu erklären, so ist anderseits eine Senkung des Meeresbodens doch ausgeschlossen. »Senkung, vielleicht durch die ganze Tiefe des Meeres, jedenfalls über 1 *km* tief, ist vorhanden; gesenkt aber haben sich nur die einzelnen Sockel der Atolle und Riffe, wie sich umgekehrt bei den gehobenen Koralleninseln, Metia, Elisabeth, Neucaledonien, nur der Sockel und mit diesem natürlich auch seine Korallenbekrönung gehoben hat. Und so haben wir gleich hier ein erstes und wichtiges Resultat: Senkung und Hebung der Koralleninseln sind Erscheinungen gleicher Art, und zwar beide Erscheinungen, welche dem Vulkanismus der Erde angehören. Die Hebungen hat man ja immer durch die vulkanische Natur der Inseln erklärt; die Senkungen kann man nicht anders erklären, und so kommt gleich hier eine Einheit und Gleichmässigkeit in das Verhalten der ozeanischen Inseln, welche gewiss beachtenswert ist. Auch Erscheinungen, wie z. B. die Bermudasinseln und ihr Verhalten, erklären sich von hier aus. Dass man sich gegen den Gedanken, auch sie bezeichneten eine enorme Senkung eines früher bis zum jetzigen Meeresspiegel gehobenen Gebietes, ja wohl (denn das ist die Konsequenz des Gedankens) des gesamten Atlantic, dass man sich hiergegen sträubte, war ganz natürlich, denn dieser Gedanke fühlt sich gleich als ein unzulässiger; ja, ich glaube, der eigentliche Kern der Reaktion gegen die Darwin'sche Theorie beruht auf der ganz richtigen Überzeugung, dass so grosse Senkungen (Atlantischer, Pacifischer, Indischer Ozean) seit dem Tertiär unmöglich seien. Diese Schwierigkeit aber ist beseitigt, sobald die Senkung sich nur auf die einzelnen Inseln, auf die vulkanischen Sockel derselben beschränkt. Die Bermudas liegen ganz vereinzelt, sie sind ursprünglich eine ähnliche Bildung, wie heute etwa der Gunung Api in der Bandasee; wie dieser Hebungen und Senkungen zeigt, so auch sie, der Ozean bleibt dabei aber völlig unverändert.«

Gerland betrachtet nun die bis heute bekannten Thatsachen und findet, wie sie lehren, dass die Senkung, die wir hier beobachten, nur sehr allmählich von statten geht, wie ja das gleichzeitige Emporwachsen der Korallen beweist, und dabei entweder ganz oder doch für längere Zeiträume ununterbrochen. »Ebenso aber auch die Hebungen, wenigstens diejenigen, welche wie bei Barbados, die Bedeckung der ansteigenden Insel mit Korallen ermöglichte; und viel-

leicht ebenso die, durch welche jenen senkrechten Korallenwände, wie der Insel Elisabeth, Metia u. s. w. sich erhoben, welche keine Spur von Auswaschungen der Brandung zeigen. Dies erscheint nur möglich bei gleichmässig weitergehender Hebung; diejenigen Inseln, welche, wie Makatea, in bestimmter Höhe Zonen von Auswaschungen zeigen, haben sich in unterbrochener Steigung gehoben. Jene senkrechten Wände sind im Verhältnisse zum Ausmasse der Senkungen nirgends sehr hoch gehoben — wobei wir aber natürlich die Tiefe des umgebenden Meeres zu berücksichtigen haben. Es spricht manches dafür, dass derartige Hebungen verhältnismässig rasch, wenn auch nicht instantan erfolgt sind. Ausser ihrer geringen Höhe und ihrem geringen Umfange — es handelt sich hier um einzelne Inseln, nicht um Korallen, die mit grösseren Länderteilen geotektonisch gehoben sind — spricht dafür die Schroffheit ihrer Wände, welche keine Eingriffe des Meeres zeigen, und ferner auch Thatsachen wie die, dass Elisabeth jetzt von einem neugebildeten Riffe in Meereshöhe umgeben ist. Die Unversehrtheit der Wände lässt sich natürlich nicht auf eine solche schützende Riffumgebung zurückführen; jedenfalls aber beweist das jetzige Vorhandensein des Riffs, dass die Hebung seit langer Zeit nicht mehr weiter geht, ja vielleicht wieder eine Senkung eingetreten ist.«

Charakteristisch für die Vulkane des Meeresbodens findet Gerland die Langsamkeit und die lange Dauer des Untersinkens, während auf dem Festlande das Niedersitzen der Vulkanberge viel rascher von statten geht: »denn hier hört die Bewegung auf, sobald sich die Schwere der ausgeschiedenen Massen mit der Elastizität der unterteufenden Erdrinde und der Kapazität der etwaigen Hohlräume ausgeglichen hat, welche, durch den Ausbruch geschaffen, selten sehr umfangreich sind. Dieser Ausgleich geht naturgemäss rasch vor sich und um so rascher, je kleiner die Räume sind, innerhalb welcher er sich vollzieht. Die Senkungen aber der intramarinen Vulkane vollziehen sich mit so grosser und so stetiger Langsamkeit, dass die Entwickelung der Korallen, ihr Höhenwuchs mit den Bewegungen gleichen Schritt halten kann.«

»Die aufragenden hohen Vulkaninseln, soweit sie nicht mehr thätig sind, gehören alle in die Klasse der homogenen Vulkane. Sie sind also entstanden durch Emporquellen des Magmas selber und haben den Mantel von Aschen u. s. w., der sie früher gewiss umgab, längst durch atmosphärische Einflüsse sowie durch die Thätigkeit des Meeres verloren. Diese Massen sind die letzten Aufquellungen aus dem unterseeischen Ausbruchsrohre und hängen durch dieses mit dem Erdinneren, dem Magmaherde, zusammen. Sie ragen aus mächtigen Sockeln hervor. Wenn die ganze Masse des Sockels sänke und mit ihr und durch sie die einzelnen Gipfel mit niedergezogen würden, so hätten wir natürlich dieselbe Erscheinung für die Gipfel, wie wir sie jetzt haben. Bei einzelnen Gebilden mag das Ganze sinken, so bei der Tschagosbank, den Bermudas. Bei anderen

hält sich der überaus mächtige Sockel unverändert, und nur die einzelnen Gipfel, welche durch ihn hindurch vielleicht bis in das intrakrustale Magma ragen, verändern ihr Niveau: dies geht schon daraus hervor, dass auf demselben Sockel (z. B. Paumotu) Hebungen unmittelbar neben Senkungen vor sich gehen. Ausser den Gründen, die wir der allgemeinen Plastik des Meeresbodens gegen eine Senkung des ganzen Sockels entnehmen, spricht dann ferner ganz entscheidend gegen dieselbe folgende Erwägung. Das Magma wird durch jede Eruption um einen Teil seiner selbst vermindert, die tieferen (und seitlichen), nicht am Ausbruche beteiligten Massen desselben werden dadurch minder stark belastet und gedrückt und dehnen sich infolge dieser Entlastung aus. Bei den ungemein hohen Druckverhältnissen im Erdinneren, welche ja in stetiger Reihe anwachsen, wird aber diese Ausdehnung, dieses Emporrücken infolge oben verminderten Druckes bei unten gleichbleibender Spannung sich stets tiefer verlegen, bis der Unterschied ausgeglichen ist, d. h. ein Nachsinken der Erdrinde und nun gar ein grösserer Teil derselben von oben nicht möglich ist. Die breiten Ergüsse und Aufschüttungen, welche die Sockel bilden, sind stets vom Eruptionszentrum (oder den Zentren) aus peripherisch über die Erdrinde verschoben und nur die zuletzt aufgestiegenen Magmamassen, welche den homogenen Kern des Vulkans bilden, stehen vielleicht noch jetzt direkt mit dem subkrustalen Magma in Verbindung, während sich zwischen Sockel und Magma die Erdrinde in ihrer ganzen Dicke und Dichte einschiebt.

Alles Vorhergehende beweist meiner Meinung nach erstens, dass die Senkungsverhältnisse der intramarinen Vulkanberge von dem Nachsinken der auf subaërischer Erdrinde gelegenen Vulkane ein völlig verschiedenes, dass es ein für sich bestehendes, durchaus eigenartiges sei; und zweitens, dass nicht die ganzen Sockel, dass sich vielmehr die einzelnen Vulkangipfel auf und ab bewegen, dass die Senkungen, welche den Anlass zur Atollentwickelung geben, nur die einzelnen Gipfel betreffen; wie wir ja solche einzelnen Gipfel oft ganz isoliert in den Meeren aufragen sehen.

Es scheint kaum, dass die Korallenbekrönungen das Sinken erst eingeleitet hätten durch ihr Gewicht; denn die Markesas sanken grösstenteils ohne dieselben, und der Anfang der Riffbildungen, der doch schon submarine Gipfel voraussetzt, ist so unbedeutend, dass er keinen Druck ausüben kann; erst durch das Sinken werden die Riffe, die Belastungen bedeutender. Auch die Hebungen sprechen dagegen, da wir ja Inseln mit sehr mächtigen Riffen ziemlich hoch gehoben sehen.«

Überhaupt erklärt Gerland, dass er eine Ursache für das Sinken nicht anzugeben vermöge.

8. Das Meer.

Die Oberflächentemperatur des Meeres zwischen Island und Grönland in den Monaten April bis September ist vom Dänischen Meteorologischen Institute auf Grundlage zahlreicher (94 377)

Beobachtungen in den Jahren 1876—1890 kartographisch dargestellt worden[1]. Die Angabe Mohn's findet sich dabei bestätigt, dass an den Küsten Islands das Meer zu allen Jahreszeiten seine niedrigste Temperatur vor der Ostspitze der Insel hat, wo ein Zweig des Ostgrönlandstromes nach Süden geht und die Küste häufig mit Polareismassen blockiert, während dieselben niemals an der Westküste gesehen worden sind. Nach Süden zu nimmt die Temperatur hier ausserordentlich rasch zu, und der Verlauf der Isothermen zwischen der Südküste Islands und den Shetlandsinseln wird ein im wesentlichen westöstlicher, während zwischen Island und der Südspitze Grönlands die Isothermen nach Südwesten umbiegen, da hier der Ostgrönlandstrom seine Eismassen um die Südspitze Grönlands herum in die Davisstrasse bis zum 65. Breitengrade hinaufsendet, was auch hier in dem Verlaufe der Isothermen gut zum Ausdrucke kommt. Vergleicht man die Temperatur der Meeresoberfläche mit den auf Island selbst angestellten Beobachtungen, so ergiebt sich, dass selbst in der wärmsten Jahreszeit die Meerestemperatur an der Westküste Islands höher ist als die Lufttemperatur, an der Ostküste dagegen niedriger, und dass darin auch die Ursache der häufigen Nebel an der Ostküste zu suchen ist, die an der Westküste verhältnismässig selten sind.

Die Zusammensetzung des Seewassers in Berührung mit dem blauen Schlamme am Boden der Tiefsee ist von John Murray und Robert Irvine untersucht worden[2]. Das mit den Ablagerungen am Meeresboden in Berührung befindliche Seewasser hat oft eine andere chemische Zusammensetzung als das normale Seewasser; besonders gilt dies für die Ablagerungen, welche als blauer Thon bekannt sind. Wenn dieses Wasser in die darüber liegenden Schichten dringt, kann ihre Zusammensetzung so verändert werden, dass die Methode, aus dem Chlorgehalte alle anderen Salze des Seewassers zu bestimmen, keine Anwendung finden kann. So oft im Seewasser Zersetzungen organischer Stoffe vor sich gehen, werden die schwefelsauren Alkalien und Erdalkalien, die das Wasser enthält, reduziert, wodurch die Alkalinität des Wassers gesteigert wird. Und wenn diese Reaktion im Wasser am Meeresboden vor sich geht oder mit der Ablagerung am Boden vergesellschaftet ist, dann wird ein Teil und zuweilen sämtlicher Schwefel der Meerwassersalze diesen entzogen und als Eisensulfid abgelagert, welcher den Sedimenten die dunkelblaue Farbe giebt. Diese Desoxydation der Sulfate und Entziehung des Schwefels aus dem Seewasser findet nicht nur im Schlamme statt, sondern ausnahmsweise auch im Seewasser selbst und veranlasst dann, wenn nicht genügend Eisen zur Bindung des Schwefels und kein Sauerstoff zugegen sind, die Ansammlung von Schwefelwasser-

[1]) Meteorologisk Aarbog for 1892 udgivet af det danske meteorol. Institut. Tredje Del 7 bis 17.
[2]) Transactions of the Royal Soc. of Edinburgh 1893. 37. p. 481.

stoff und Sulfiden in Lösung; so z. B. im Schwarzen Meere. In ähnlicher Weise mögen auch Seewasser, sich zersetzende organische Substanz und eisenhaltige Meeresablagerungen in vielen geologischen Formationen das Eisensulfid und die glaukonitischen Substanzen gebildet haben, und so kann vielleicht die blaue Farbe vieler Schiefer und anderer Gesteine erklärt werden.

Die Farbe des Meerwassers im Golfe von Kalifornien. Pouchet und Diguet berichten [1]) über die rote Färbung, welche dort das Wasser gelegentlich zeigt.

Diese Erscheinung findet sich vom März bis zum November etwa eine oder zwei Stunden vor dem Eintreten der Dämmerung. Doch ist sie auch gelegentlich am Vormittage zur Beobachtung gekommen. Das Meer muss völlig ruhig sein. Sein blaues Wasser verändert allmählich unter dem Auftreten metallischer Reflexe die Farbe in Rot. Einzelne Strömungen erscheinen kupferrot; sie enthalten ungeheuere Schwärme von Noctiluceen. Im Dunkeln blieben diese an der Oberfläche, während sich auf dem Boden des Sammelgefässes ein brauner Staub ablagerte, der aus Rhizolenia Calyptra Ehrenberg bestand.

Chemische Untersuchungen im östlichen Mittelmeere hat Konrad Natterer veröffentlicht [2]). Freie Kohlensäure wurde in keiner der untersuchten Wasserproben gefunden, während doch durch Oxydation organischer Reste ziemlich bedeutende Mengen derselben entstehen. Nach Natterer werden diese aber zu kohlensaurem Ammoniak gebunden, und letzterer spielt die Hauptrolle bei den im Meerwasser erfolgenden Fällungen, besonders auch in bezug auf die Bildung teils lehmartiger, teils steinartiger Niederschläge am Meeresboden. Der ganz feine Schlamm, welchen Flüsse und Ströme ins Meer führen, wird nur zum geringsten Teile unmittelbar abgelagert, sondern geht meist erst in Lösung und bleibt so lange gelöst, bis er durch lebende Organismen oder durch Verwesungsprodukte abgestorbener Organismen gefällt wird. Es hängt dann von besonderen Umständen ab, ob diese Fällungen in Form lehmartigen Schlammes oder harten Krustengesteins auftreten.

Physikalisch-ozeanographische Forschungen der »Pola« 1893 im Mittelmeere. Das für die Expedition im Sommer 1893 bestimmte Untersuchungsgebiet umfasste das Ägäische Meer, sowie die Karamanische See östlich von Rhodus und südlich der karamanischen Küste; dort sollten zoologische, physikalisch-ozeanographische und chemische Untersuchungen ausgeführt, hier die im Vorjahre gefundene Depression genauer umschrieben werden. Die auf zwölf Wochen berechnete Reise begann von Pola aus am 16. Juli, ging nach Cerigo

---

[1]) Compt. rend. Soc. Biol. Paris **5.** p. 582.
[2]) Chem. Centralblatt 1894 I. p. 189.

(21. Juli), über Milo und Serpho nach Syra; von hier (1. August) wandte sich das Schiff in südöstlicher Richtung nach der Südküste von Rhodus; von Rhodus (15. August) fuhr es nach der Karamanischen See, sodann längs der kleinasiatischen Küste nach Samos; ein Versuch, von hier das Ägäische Meer bis zum Kap Doro zu durchqueren, musste des schlechten Wetters wegen, etwa 30 Seemeilen vom Ziele entfernt, wieder aufgegeben werden. Über Chios gelangte die »Pola« nach Sigri auf Mytilene und von hier, das Meer westwärts kreuzend, in den Golf vom Berge Athos. Vom Berge Athos wurde dann ostwärts gegen die Dardanellen gesteuert, in dieselben am 1. September eingelaufen und in der Bai von Sari-Siglar vor Anker gegangen. Die Rückreise wurde am 9. September angetreten, ging über Skiatho längs der Küste von Negroponte nach Syra, am 18. September von Syra nach Delos; dort blieb das Schiff bis zum 24. September, ging dann nach dem Kanale von Cervi und Vatica, verliess am 26. September Vatica, um den Golf von Kolokythia zu durchforschen und dann über Zante nach Korfu zu segeln, wo die »Pola« am 29. September anlangte, nachdem sie etwa 3000 Meilen zurückgelegt und an 137 Stationen beobachtet hatte.

Über die physikalisch-ozeanographischen Ergebnisse dieser Expedition entnehmen wir dem vorläufigen Berichte von Luksch[1]) die nachstehenden Thatsachen.

Nach den Lotungen im Ägäischen Meere, deren Zahl im ganzen 106 beträgt (31 im Jahre 1891 und 75 im Jahre 1893), kann man vom Bodenrelief desselben folgende Skizze entwerfen: Das Ägäische Meer, welches durch die Inseln Cerigo, Cerigotto, Candia, Casso, Scarpanto und Rhodus, sowie durch unterirdische Barrieren, welche diese Inseln unter sich und mit den angrenzenden Festländern verbinden, vom eigentlichen Mittelmeere getrennt ist, muss als ein relativ seichtes Meer bezeichnet werden, da bisher als grösste Tiefe nur 2250 *m* gelotet wurden (20 Seemeilen nördlich vom Kap Sidero auf Kreta, Länge 26° 15′ 40″, Breite + 35° 36′ 30″). Die Zugangstiefen zwischen den genannten Inseln sind sehr mässige und bleiben selbst im tiefsten Kanale, zwischen Candia und Casso, unter 800 *m*. Von den mehrfachen Becken, in welche das Ägäische Meer zerfällt, ist das im Norden von Candia gelegene das tiefste (Maximum 2250 *m*); ein kleineres, weniger tiefes (Maximum 1298 *m*) liegt östlich von Cerigo, nördlich von diesem liegt ein drittes mit einer Maximaltiefe von unter 1000 *m*. Das breite Gebiet zwischen der Küste Kleinasiens und den Kykladischen Inseln ist mit Ausnahme eines kleinen Raumes zwischen Samos und Chios seicht. Der nördlichste Teil des Ägäischen Meeres weist wieder Tiefen bis zu 1300 *m* auf und ist im Osten weniger tief als im Westen. Die abgeschlossenen kleinen Wasserbecken innerhalb der Kykladen sind von geringer

---

[1]) Sitzungsberichte der Wiener Akad. 1893. **102.** Abt. I. p. 523.

Tiefe; in den Dardanellen übersteigen die Tiefen nirgends 100 *m* um ein wesentliches.

Die genauere Erforschung der Bodensenkung von 3591 *m*, welche im Jahre 1892 gefunden war, ergab 20 Seemeilen südlich von Rhodus eine noch grössere Tiefe, und zwar 3865 *m*. Ferner ergiebt der Verlauf der Isobathen von 2500, 3000 und 3500 *m* folgendes: Bedeutendere Tiefen als die bis nun gemessenen erscheinen in diesem Gebiete fast ausgeschlossen. Die Richtung dieser grössten Depression im östlichen Teile des Mittelmeeres ist eine von Nordwest nach Südost verlaufende Linie. Der Umfang dieser Senkung (von über 3000 *m*) ist ein mässiger und erreicht in der Längsaxe etwa 60, in der Queraxe etwa 40 Seemeilen.

Über die Verteilung der Temperatur und des Salzgehaltes im Ägäischen Meere lassen sich jetzt bereits folgende Sätze aufstellen: 1. Von der Temperatur des Seewassers an der Oberfläche, welche durch die Tagestemperatur der Luft, den Seegang, den Wind u. s. w. wesentlich beeinflusst erscheint, abgesehen, nimmt die Wärme der mittleren Schichten im allgemeinen von Süden nach Norden, doch nicht ausnahmslos, ab, die Aussüssung des Wassers aber zu. 2. Die höchsten Temperaturen fand man an der kleinasiatischen Südwestküste. Hier trägt das Seewasser des Ägäischen Meeres noch vollkommen den Charakter des äusseren Mittelmeerwassers, sowohl was die Temperatur als auch den Salzgehalt betrifft; hohe Temperaturen bei starkem Salzgehalt. 3. Von Samos nordwärts bis zu den Dardanellen war eine merkliche Abkühlung des Wassers und eine Abnahme des spezifischen Gewichts bemerkbar. 4. Nordwärts der Dardanellen, an der Festlandsküste, wurden höhere Temperaturen gemessen; der Salzgehalt der oberen Schichten war jedoch noch immer ein relativ niederer. 5. An der griechischen Küste fand man eine ähnliche Verteilung von Temperatur und Salz, wie an der asiatischen Gegenküste. 6. Die zwischen den beiden Küsten liegende Wassermasse ist dagegen durchgehends kühler als an den Südgestaden Kleinasiens und Griechenlands, nur nördlich von Candia fand man 1891 eine mässige Temperaturerhöhung; der Salzgehalt ist weniger hoch als in dem Gebiete bei Cerigo und Nord-Rhodus. 7. Die Grundtemperatur in der grössten Tiefe der Karamanischen See war, wie im Vorjahre, 13.6^{0} C.; im Ägäischen Meere nahmen die Grundtemperaturen von Süden nach Norden ab, sie schwankten im Norden zwischen 12.7^{0} und 12.9^{0}, während im Mittelmeere die tiefste Grundtemperatur 13^{0} C. war.

Die Untersuchungen über die Durchsichtigkeit des Meerwassers wurden teils durch photographische Aufnahmen in verschiedenen Tiefen, teils durch Versenken von Scheiben unter Berücksichtigung von Sonnenstand, Bewölkung, Zustand der Wasseroberfläche u. s. w. ausgeführt. Die grösste Sichtbarkeit der versenkten Scheiben war 50 *m* in der Bai von Kolokythia um 11^{h} 3^{m} vorm. Über den Zusammenhang zwischen Sichtbarkeitstiefe und Oberflächenbeschaffenheit

lässt sich vorläufig schon das aussprechen, dass eine leichtere Verschleierung des Himmels durch transparente Wolken oder dünner Nebel der Durchsichtigkeit viel weniger Eintrag thun als der Seegang, und bei diesem wieder die kurzen, weniger mächtigen Wellen die Transparenz mehr beeinträchtigen, als eine lange tote See. Die Farbe des Seewassers war in den meisten Fällen ein schönes intensives Blau (nur mit zwei bis drei Teilen Gelb auf 98, bezw. 97 Blau); nur in einzelnen Fällen, so bei Annäherung an die Dardanellen, im oberen Teile des Ägäischen Meeres, beim Berge Athos, erreichten die Gelbbeimengungen 4, 5 und 25.

Elf Wellenbeobachtungen nach der Stokes'schen Methode ergaben als grösste Höhe der Wellen 4 *m*, als grösste Länge derselben, von Wellenberg zu Wellenberg gemessen, 21 *m*. Öl und Seife zum Glätten der See wurden nur bei Scheibenbeobachtungen und mit gutem Erfolge verwendet.

In den Dardanellen, in welche das Schiff nicht weiter als bis Sari-Siglar eindringen durfte, waren auch die Beobachtungen sehr beschränkte. Sie ergaben folgendes: 1. Die Strömung setzte auf dem Ankerplatze etwa zehn Seemeilen vor dem Ausgange der Dardanellen in das Ägäische Meer durch alle sieben Tage dem letztgenannten Meere zu. 2. Die Stärke des Stromes war wechselnd, erreichte im Maximum 3.7, im Minimum 1.5 Seemeilen per Stunde. 3. Der stärkste Strom setzte etwa um die Mittagszeit ein und hielt in den ersten Nachmittagsstunden an. 4. Stromstärke und Stromrichtung standen in einem gewissen Konnexe mit der Stärke und Richtung des herrschenden Windes, doch scheint die Gezeitenbewegung mitunter ihren Einfluss geübt zu haben. 5. Der Strom machte sich bis etwa 10 *m* Tiefe voll bemerkbar; von dieser Tiefe an verminderte sich die Stärke. Eine Umkehr des Stromes dem Marmarameere zu war nicht nachweisbar. 6. Nach Massgabe des Vordringens in die Strasse nahm die Temperatur des Seewassers um ein geringes zu, als Einfluss der vorschreitenden Tageszeit, der Salzgehalt aber von 2.48 auf 2.33 $^0/_0$ ab, so dass der niedrige Salzgehalt dem der Ostsee entsprach.

In der bisher noch nie untersuchten Bai von Kolokythia wurden in der Mitte Tiefen von 1011 und 1405 *m* gelotet, und schon nahe der Küste fand man 801 und 913 *m*. Die Temperatur war hoch, am 26. September an der Oberfläche 25.6^0 und in 500 *m* noch 13.9^0. Der niedrigste Salzgehalt war an der Oberfläche 3.84 $^0/_0$ der höchste am Grunde 3.9 $^0/_0$. Eine sehr auffallende Stromversetzung von vier Seemeilen pro Stunde ging von Kap Matapan im Bogen durch die Mitte der Bucht und nahm die Richtung nach dem Cervi-Kanale[1]).

Die Schwankungen im Niveau des Schwarzen Meeres sind von N. Klossowsky studiert worden[2]). Seit 1873 existieren 20 Be-

[1]) Naturw. Rundschau 1894. p. 291.
[2]) Ciel et Terre 1894. Nr. 9. p. 199.

obachtungsstationen zur Bestimmung des Wasserstandes im Schwarzen Meere. Die Beobachtungen geschahen 7 Uhr vormittags, 1 Uhr und 5 Uhr nachmittags. Die Prüfung der Aufzeichnungen ergiebt, dass das Niveau dieses Meeres ununterbrochen schwankt, und zwar um Beträge bis zu zwei Fuss und selbst darüber innerhalb 24 Stunden. Diese Schwankungen lassen, sobald man Mittelwerte bildet, erkennen, dass sie eine jährliche Periode umfassen, anderenteils aber kamen auch unregelmässige Schwankungen vor, die auf Einwirkung des Luftdruckes und des Windes hindeuten. Klossowsky hat an 14 Beobachtungsstationen Mittelwerte für die jährliche Schwankung abgeleitet und giebt folgende Tabelle:

	Maximum	Minimum	Amplitude (in Zoll)
Dniestrovsky znak	Mai.	September.	7.0
Odessa, Leuchtturm Vorontzow	—	Januar.	7.6
» » Richelieu .	—	—	7 5
Otchakoff	—	September.	9.1
Nicolajeff	—	Dezember.	8.0
Tarkhankuth.	Juni.	Februar.	7.7
Sébastopol	—	Oktober.	7.1
Ialta	—	November.	5.5
Kertch	Mai.	Oktober.	6.1
Guénitchesk	—	November.	9.5
Taganrog	Juni.	Oktober.	18.0
Novorossiisk	Juli.	März.	7.7
Poti	Juni.	Oktober.	10.3
Batum	Juli.	—	5.9

Man sieht, dass das Niveau des Schwarzen Meeres am höchsten im Sommer, am tiefsten im Winter steht. Die mittleren monatlichen Schwankungen erreichen nicht ein Fuss, dagegen sind die absoluten erheblich grösser, wie folgende Tabelle zeigt:

Dniestrovsky znak	3	Fuss	10.0	Zoll.
Odessa, Leuchtturm Vorontzow .	4	»	10.9	»
» » Richelieu .	4	»	10.2	»
Otchakoff	3	»	6 6	»
Nicolajeff	3	»	7.1	»
Tarkhankuth	2	»	4.2	»
Sébastopol	2	»	7.7	»
Ialta	2	»	0.1	»
Kertch	2	»	11.9	»
Guénitchesk	7	»	5.2	»
Taganrog	14	»	3.7	»
Novorossiisk	3	»	7.0	»
Poti	3	»	5.8	»
Batum	4	»	0.9	»

Die absoluten Schwankungen sind also am geringsten in den geschlossenen Häfen (Sébastopol) und an Orten, in deren Nähe der Boden des Meeres plötzlich abstürzt (Ialta).

Das mittlere jährliche Niveau unterliegt an der Küste geringeren Schwankungen; dieselben sind durchweg überall gleichförmig, so dass die Kurven der Veränderung einander parallel laufen, selbst an den sehr weit voneinander entfernten Beobachtungsstationen. Eine Be-

ziehung zwischen diesen Oscillationen und der jährlichen Menge der Niederschläge lässt sich nicht erkennen, es treffen niedrige Stände auf regenreiche Jahre und umgekehrt. Ebensowenig lässt sich ein Zusammenhang mit den Niederschlagsmengen des Binnenlandes nachweisen, um so weniger, als Oscillationen von ein bis zwei Fuss im Meeresniveau bisweilen innerhalb 24 Stunden eintreten.

Vergleicht man dagegen die Barometerstände mit den Angaben der Maregraphen, so erhält man für Odessa und Poti folgende Tabelle, in welcher H den Barometerstand in Millimetern, W die Abweichung des Niveaustandes vom mittleren in Zollen bezeichnet.

	Odessa.		Poti.	
	H	W	H	W
	mm	"	mm	"
Januar	758.7	—0.3	762.8	+1.2
Februar	61.3	—0.9	63.3	—0.6
März	55.1	—1.5	60.6	+2.4
April	56.1	+1.6	60 7	+3.9
Mai	55.8	+4.9	60.2	+6.2
Juni	53.4	+5.1	58.4	+7.3
Juli	53.5	+2.6	56.7	+6.0
August	54.6	+1 4	58.9	+3 7
September	57.7	—1.7	61 9	—0.6
Oktober	58.1	3.0	62.5	—1.9
November	57.9	—3.2	62.0	—0.3
Dezember	56.7	—0.9	62.3	—0.3

Man erkennt aus dieser Tabelle sogleich, dass die Veränderungen des Luftdruckes und des Meeresniveaus im umgekehrten Sinne erfolgen, hohe Barometerstände fallen zusammen mit niedrigem Wasserstande und umgekehrt.

Man kann daher die Oberfläche des Schwarzen Meeres einem Barometer vergleichen, welches den Druck der Luft in umgekehrtem Sinne anzeigt. Die Richtung des Gradienten, also die geographische Verteilung des Luftdruckes übt dabei einen noch beträchtlicheren Einfluss aus als die absolute Höhe des Barometerstandes. Wenn der Luftdruck so verteilt ist, dass er über dem Schwarzen Meere von Nord nach Süd hin abnimmt, so sinkt das Niveau an der russischen Küste, im umgekehrten Falle steigt es. Was den Einfluss der Windrichtung anbelangt, so begünstigt ein direkt auf das Ufer hin wehender Wind das Steigen, der entgegengesetzte das Fallen des Meeresniveaus. Die Oscillationen des Luftdruckes zusammen mit den Windrichtungen sind es demnach, welche die Niveauschwankungen hervorrufen, und die Kombination dieser beiden Kräfte erklärt alle Schwankungen bis in die kleinsten Details.

Die Gezeitenerscheinungen im Irischen Kanale sind von Prof. Börgen dargestellt und erklärt worden[1]).

Was zunächst die Thatsachen der Beobachtung anbetrifft, so findet sich, dass die Hafenzeiten sowohl von Süden nach Norden,

[1]) Ann. d. Hydr. 1894, Heft **22.** p. 395.

als auch von Norden nach Süden wachsen, bis sie auf der Breite von Morecambebai oder in der Irischen See ein Maximum von etwa $11^h\ 10^m$ erreichen.

Betrachtet man den Verlauf der Grösse des Flutwechsels, so treten einige auffallende und zum Teile sehr merkwürdige Verhältnisse entgegen. »Zuerst ist sehr auffällig, dass die Flutwechsel an der englischen Küste durchweg sehr erheblich grösser sind als an der gegenüberliegenden irischen Küste, z. B. Small's Leuchtfeuer. Springflutwechsel 6.4 *m*, Saltees 4.0 *m*, Fleetwood 8.4 *m*, Ardglass 4.9 *m* und zwischen beiden Castletown (Isle of Man) 6.1 *m*. Dagegen finden wir für Mull of Cantyre und Skerriesinsel, welche einander nahezu gegenüberliegen, nur bezw. 1.2 und 1.5 *m* angegeben, also etwas grösser an der irischen Küste, ebenso Port Ellen 1.5 *m* und Mulroybai 3.6 *m*. Der zweite Punkt, welcher bei aufmerksamer Vergleichung der Flutwechsel an verschiedenen Orten auffällt, ist, dass derselbe auf beiden Seiten des Gebietes abwechselnd grösser und kleiner wird, so dass man zwei Maxima und zwei Minima unterscheiden kann. Die beiden Maxima liegen auf der Westseite etwa bei Youghalhafen mit 3.9 *m* und zwischen Cranfield Point (Carlingfordbai) und Ardglass mit 4.9 *m*, auf der Ostseite etwa zwischen Lundyinsel und Small's Leuchtfeuer, vor der Mündung des Bristolkanals mit ungefähr 6—7 *m* (den Bristolkanal selbst schliessen wir vorläufig von der Betrachtung aus, weil hier zur Erhöhung des Flutwechsels lokale Einflüsse wirksam sind) und in der Nähe von Fleetwood mit ca. 8.5 *m* Springflutgrösse. Die beiden Minima finden wir westlich bei Arklowbank mit 1.1 *m* und Ballycastlebai mit 0.9 *m*, östlich bei Cardigan mit 3.7 *m* und ungefähr beim Mull of Cantyre mit 1.2 *m*. Sucht man diese Punkte auf der Karte auf, so sieht man, dass dieselben nahezu in Ost—Westrichtung einander gegenüber liegen. Eine weitere Eigentümlichkeit der Gezeiten in dem fraglichen Gebiete bildet die aussergewöhnliche Grösse des Flutwechsels in dem Bristolkanale und im Severnflusse. Wir finden an der Mündung des Severn bei Swansea einen Springflutwechsel von 8.3 *m*, bei Cardiff einen solchen von 11.4, bei Chepstow von 11.6 *m*, ja an der anderen Seite des Ästuariums, etwas weiter seewärts, bei Portishead oder Kings Roads sogar 12.2 *m* verzeichnet, worauf derselbe flussabwärts ziemlich rasch abnimmt, so dass er bei Newnham 5—6 und bei Gloucester sogar nur 1.2—2.1 *m* beträgt. An der Stelle, wo das breitere Ästuarium in den engeren Flusslauf übergeht, bei dem Städtchen Newnham, ist die Erscheinung der Bore oder Flussbrandung stark ausgebildet. Die merkwürdigste Erscheinung ist jedoch, dass an der irischen Küste bei Courtown die Gezeitenerscheinung sich nicht, wie überall sonst, nach dem Stande des Mondes, sondern in höherem Grade nach dem der Sonne richtet, so dass also hier die von der Sonne erzeugte Flutwelle die vom Monde herrührende übertrifft. Der Verlauf der Gezeit ist bisweilen dem gewöhnlichen, welcher zwei Hoch- und zwei Niedrigwasser im

Tage bringt, entsprechend, wenn auch mit beträchtlichen Unregelmässigkeiten, zu anderen Zeiten aber verschwindet der Charakter der halbtägigen Gezeit anscheinend vollständig, und es tritt an deren Stelle eine kleine Tide auf, welche viermal im Tage Hoch- und Niedrigwasser bringt. Zu allen Zeiten jedoch sind die Tiden in Courtown klein.«

Was die Strömungen anbelangt, so laufen sie gleichzeitig in verschiedenen Teilen des Gebietes nach entgegengesetzten Richtungen und setzen in dem weitaus grössten Teile gleichzeitig, und zwar zur Zeit von Hoch- und Niedrigwasser zu Dover um. Westlich von der Insel Man, auf einem ziemlich grossen Gebiete, findet während des ganzen Verlaufes der Gezeit kein Strom statt, obgleich die Beobachtungen innerhalb dieses Gebietes einen recht grossen Flutwechsel ergeben haben. Die Geschwindigkeit anbelangend findet man, von Süd nach Nord fortschreitend, ebenso wie für den Flutwechsel, eine Steigerung der Geschwindigkeit bis zu einem Maximum, darauf ein Abnehmen, teilweise bis zu gänzlichem Verschwinden, darauf wieder eine Zunahme bis zu erheblicher Stärke, worauf wieder eine Abnahme folgt, und wenn wir die Orte des Maximums und Minimums der Stromgeschwindigkeit mit den Orten des Maximums und Minimums des Flutwechsels vergleichen, so sehen wir, dass das Maximum des einen mit dem Minimum des anderen zusammenfällt.

Für diese Thatsachen unternimmt es Prof. Börgen, auf Grund der Airy'schen Wellentheorie der Gezeiten die Erklärung zu geben. Hier kann diese Erklärung nur angedeutet werden.

Zunächst geht Verfasser auf den allgemeinen Verlauf der Flutwellen ein. »Im Atlantischen Ozeane pflanzt sich die Flutwelle im allgemeinen von Süden nach Norden mit grosser Geschwindigkeit, wie sie der grossen Wassertiefe entspricht, fort. Wenn die Welle nach Passierung von Kap Finisterre auf den steil abfallenden Abhang der Bank, auf welcher die Britischen Inseln sich aufbauen, trifft, so wird die Fortpflanzungsgeschwindigkeit dieses Teiles der Welle verlangsamt gegenüber demjenigen Teile, welcher auf tiefem Wasser weitereilt, und die Richtung, in welcher sich dieser Teil der Welle ausbreitet, wird aus einer nördlichen in eine östliche oder wohl eher ostnordöstliche verändert werden. Mit dieser Richtung trifft die Welle auf die britischen Inseln und tritt in die Wasserstrassen ein, welche diese unter sich und von dem Kontinente trennen. Was speziell das hier betrachtete Gebiet betrifft, so hat die Welle von zwei Seiten, südlich und nördlich um Irland herum, Zutritt zu demselben, wir haben daher mit der Interferenz zweier Wellen zu rechnen, und es lässt sich in der That nachweisen, dass die oben besprochenen Erscheinungen ohne Ausnahme Folgen einer solchen sind.

»Die allgemeine in der Richtung nach ONO fortschreitende Flutwelle trifft sowohl im Norden wie im Süden von Irland auf die schottische und die englische Küste, welche ihrem Fortgange ein Hindernis entgegensetzen und sie zwingen, ihre Fortpflanzungsrichtung zu ändern, wobei sie jedoch ihre Tendenz nach Osten immer beibehält. Der im Süden eindringende Zweig der Welle wird nach Norden und Nordosten, der im Norden eintreffende nach Süden und Südosten abgelenkt. Beide Zweige der Welle durchkreuzen sich und treffen in verschiedenen Teilen des hier betrachteten Gebietes mit verschiedenen Phasen zusammen. Dies drückt sich in den

wechselnden Flutgrössen aus, welche zwei Maxima und zwei Minima erkennen lassen.

Was die Richtung des Wachsens der Hafenzeiten betrifft, so ergiebt sich theoretisch, dass dieselbe, wo zwei Wellen von ungleicher Höhe sich durchkreuzen, stets mit der Fortpflanzungsrichtung der höheren Welle übereinstimmt, und dass in dem Falle, wo die Wellen dieselbe Höhe haben, überall in demselben Augenblicke Hoch- und Niedrigwasser eintritt. Wenn nun die sich kreuzenden Wellen auf ihrem Wege nicht dieselbe Höhe beibehalten, sondern bei weiterem Fortschreiten in Höhe abnehmen, so wird ein Punkt existieren müssen, wo beide mit gleichen Höhen zusammentreffen, während diesseits die eine (z. B. die aus Süd kommende), jenseits die andere (z. B. die aus Nord kommende) Welle die höhere ist. In einem solchen Falle werden wir daher erwarten müssen, dass die Hochwasser-(Hafen-)zeiten sowohl von Norden wie von Süden her bis zu einem Maximum zunehmen werden, wie wir es eben im Irischen sowohl wie im Englischen Kanale und dem südlichen Teile der Nordsee beobachten. Es ist dabei nicht notwendig, dass dieser Punkt, wie es im Irischen Kanale zufällig der Fall ist, mit dem Punkte identisch sei, wo die Wellen mit gleichen Phasen zusammentreffen, und in der That sind im Englischen Kanale diese Punkte auch verschieden. Der entscheidende Punkt bei dieser Erklärung ist der, dass die Wellen bei ihrem Fortschreiten an Höhe einbüssen; dies ist aber ohne Zweifel der Fall, da die Reibung im stande ist, gewöhnliche Wellen sehr rasch zum Verschwinden zu bringen und auch bei der Flutwelle, zumal auf relativ flachem Wasser von mannigfaltig gegliederter Begrenzung, sich stark geltend machen muss.«

Weiter erklärt Verfasser den erheblich grösseren Flutwechsel an der englischen Küste aus der Fortpflanzungsrichtung der Welle nach ONO, wodurch sie sich an der englischen Küste stauen muss und ausserdem beim Übergange aus dem tiefen Ozeane auf die flachen Bänke eine wesentliche Erhöhung erfahren hat. »Schon durch diesen Umstand wäre es erklärlich, dass die in den Bristolkanal eintretende Welle eine erheblichere Höhe erreichte, dies ist aber nicht entfernt ausreichend, die aussergewöhnliche Höhe des Flutwechsels in diesem Gebiete zu erklären. Hierzu kommen noch zwei Ursachen, welche in ihrem Zusammenwirken zur Erklärung der Erscheinung vollkommen ausreichen. Die erste liegt in dem Umstande, dass vor der Mündung des Bristolkanales die aus dem Ozeane kommende Welle und die im Norden um Irland durch den Irischen Kanal sich fortpflanzende Welle nahe mit gleichen Phasen zusammentreffen, ihre Höhen sich also addieren. Die zweite Ursache liegt in der Gestaltung des Bettes, in dem sich die kombinierte Welle nun weiter fortbewegt. Dieses bildet einen sich rasch verengenden Trichter, und hierin haben wir eine mächtige Ursache zur Erhöhung der in denselben eindringenden Welle. Auch hier macht sich die östliche Tendenz der Welle geltend, indem wir auf dem östlichen Ufer des Kanales höhere Flutwechsel verzeichnet finden als auf dem westlichen. Eine andere Wirkung der Beeinflussung der Welle durch Änderung der Wassertiefe und Verengerung ihres Bettes ist die, dass, je stärker diese Beeinflussung ist, um so kürzere Zeit zum Steigen des Wassers von seinem niedrigsten zum höchsten Stande und umgekehrt, um so längere Zeit zum Fallen gebraucht wird. Geschieht das Steigen sehr rasch, so sieht man an geeigneten Plätzen die Welle mit geneigter Front heranrücken, und sie füllt in kurzer Zeit das vorher ziemlich leere Bett des Flusses, wobei das Wasser brandend über die flachen Bänke hinwegschiesst, d. h. wir haben die Erscheinung der Flutbrandung oder der Bore. Die Bedingungen für die Bildung einer Flutbrandung sind: 1. hoher Flutwechsel, 2. sehr rasches Steigen des Wassers und 3. das Vorhandensein ausgedehnter Bänke im Flusse, welche bei Niedrigwasser nur mit wenig Wasser bedeckt sind oder auch ganz trocken fallen. Diese Bedingungen treffen im Severn bei Newnham zu: der Flutwechsel beträgt 5—6 *m*, die

Dauer des Steigens nur 1h 30m, und das Vorhandensein der Bänke wird von Airy ausdrücklich bezeugt.«

Der Grund dafür, dass der Flutwechsel bald grösser, bald kleiner ist und in dem hier betrachteten Gebiete zwei Maxima und zwei Minima zeigt, liegt einfach in der Kreuzung zweier Wellen.

Auch die Strömungserscheinungen erklärt Verfasser vollkommen im Einklange mit der Theorie zweier Wellen, welche sich in nahe entgegengesetzten Richtungen kreuzen.

Richtung und Stärke der Meeresströmungen in ihrer Abhängigkeit vom Luftdrucke ist von W. H. Beehler beleuchtet worden [1]). Vergleicht man die Karten, welche Luftdruck und Oberflächenströmung darstellen, so ergiebt sich eine merkwürdige Ähnlichkeit im Vergleiche der Kurven beider. Der Vergleich legt die Vermutung nahe, dass bei den mitwirkenden Faktoren, welche Wind und Strömung erzeugen und beeinflussen, der Unterschied im barometrischen Drucke eine Hauptrolle spielt. In bezug auf die Strömungen mag er doppelt wirken, sowohl als primäre Ursache, durch die Verschiedenheit des Druckes, der auf dem Wasser lastet, sodann indirekt durch seine Beziehung zur Windstärke. Um zu bestimmen, bis zu welchem Grade der barometrische Druck die ozeanischen Strömungen beeinflusst, bedarf es sorgfältiger wissenschaftlicher Untersuchungen. Die Stärke des Stromes hängt in hohem Masse von der Beschaffenheit der Küste, namentlich von ihrem Umrisse ab; im nordwestlichen Teile des Karaibischen Meeres z. B., wo das Wasser durch den westlichen Strom gehoben wird, fliesst es durch die Strasse von Yukatan in den Golf von Mexiko, und dieses Becken dient gewissermassen als Druckreservoir, indem es dem durch die Floridastrasse abfliessenden Wasser, dem den Nordatlantic durchziehenden Golfstrome, eine so ausserordentliche Geschwindigkeit verleiht. Prof. Ferrel sah die Hauptursache der Strömungen in dem Unterschiede des spezifischen Gewichtes des kalten Polarwassers und des warmen tropischen Wassers und hielt die Einwirkung des Windes nur als ein die Stromentwickelung gelegentlich förderndes, zeitweilig auch hinderndes, an die Örtlichkeit seines Auftretens gebundenes Agens, während Prof. Newberry die Schwerkraft als einen mitwirkenden Faktor, jedoch von geringerer Bedeutung als die Reibung des Windes betrachtete. In Croll's »Climate of Time« werden beide Theorien in einer Art und Weise beurteilt, welche bis zu einem gewissen Grade als folgerichtig angesehen werden musste, aber trotzdem bedarf die Frage noch weiterer Untersuchungen, weil ein so wichtiges Element, wie die Einwirkung des Luftdruckes, bei dieser Erörterung völlig unberücksichtigt geblieben ist.

In seiner Broschüre: »Zur Mechanik der Meeresströmungen an der Oberfläche des Ozeans,« (Berlin 1874) weist Kapitän z. S. Hoffmann auf die wichtige Rolle hin, welche der Wind als bewegende Kraft bei der Entstehung der Meeresströmungen einnimmt, während

---

[1]) Gaea 1894. Heft 3 p. 154 ff.

er gleichzeitig darlegt, dass die auf Temperaturunterschieden des Wassers beruhende Einwirkung der Schwerkraft nur von untergeordneter Bedeutung ist. Auch die aus der Rotation der Erde resultierende Ablenkung wird in dem Werke richtig beurteilt. So lange der Wind das Wasser in irgend einer Richtung vorwärts treibt, wird diese ablenkende Wirkung überwunden werden, in den Kalmengürteln aber beschreiben die Wasserteile eine »Trägheitskurve«, deren Krümmungsradius mit dem Sinus der Breite abnimmt. In 5^0 Breite beträgt dieser Radius bei einer Geschwindigkeit von 1 *m* in der Sekunde nur $42^1/_2$ Meile, so dass der südliche Äquatorialstrom, sobald er auf nördliche Breite gelangt, nach rechts abgelenkt wird und die Guineaströmung bildet oder, zur Zeit des nördlichen Sommers, die äquatoriale Rückströmung. Der Autor kommt demnach zu dem Schlusse, dass bei der Entstehung der Meeresströmungen die folgenden Ursachen mitwirken, und zwar entspricht hre Intensität der hier gegebenen Reihenfolge: zuerst der Wind, dann die Konfiguration der Küsten, ferner die durch die Erdrotation erzeugte Ablenkung und schliesslich die Schwerkraft.

Der Wind weht entweder in horizontaler Richtung, parallel mit der Oberfläche des Wassers, oder unter einem gewissen Winkel aufwärts oder abwärts. Im ersten Falle würde die parallele Bewegung durch Reibung einigen Einfluss auf das Wasser ausüben, bei einer Aufwärtsbewegung weniger, bei einer Abwärtsbewegung aber umsomehr, und unter den letztgenannten Umständen würde der abwärts gerichtete Druck eine Depression verursachen, an deren vorderer Seite sich eine wellenartige Erhöhung bildet, welche Widerstand bietet und daher von der Bewegung mitgeführt wird. Wo sich Wellen bilden, werden die Kämme vom Winde weiter getragen, und ein beträchtliches Volum Wasser wird natürlich vom Winde mit fortgerissen. In Fällen, wo eine Sturmwelle in ihrem Verlaufe plötzlich auf eine Küste gestossen, sind Überschwemmungen bis zu einer Höhe von 20—40′ beobachtet worden. Diese Thatsachen scheinen dem Verfasser darauf hinzuweisen, dass die Richtung der Meeresströmungen hauptsächlich und in erster Linie der Windrichtung folgt. In »Berghaus' Physikalischem Atlas Nr. 2, Seeströmungen« sind die ozeanischen Ströme in Verbindung mit den permanenten Gebieten hohen Druckes in den fünf Weltmeeren dargestellt. Auch hier fallen die Isobaren mit den gleichen Windrichtungen zusammen, so dass die Übereinstimmung, welche zwischen den Linien gleichen barometrischen Druckes und den Richtungen des Windes und der Ströme herrscht, sofort zutage tritt. Es bleibt daher nur übrig, die Natur dieser Beziehungen festzustellen und wenn möglich, die Theorien der Wissenschaft mit den Erfahrungen der Seeleute in Einklang zu bringen.

Die Einwirkung des Windes auf die Oberfläche des Wassers wird dann am stärksten sein, wenn dieser abwärts gerichtet ist, so dass ausser der Reibung der sich bewegenden Luft noch ein Druck

auf das Wasser ausgeübt wird. Die mehr oder weniger permanenten Gebiete hohen Druckes, welche in 28° nördl. und südl. Br. herrschen, müssen natürlich durch ihr Gewicht einen grösseren Druck auf das Wasser ausüben, über dem sie lagern, als die leichtere Luft in Gebieten niedrigen Druckes über anderen Teilen der Ozeane. Die Unterschiede in der Temperatur, Niveaudifferenzen und die Rotation der Erde, alle diese Hilfsfaktoren vereinigen sich, um eine unstätige, komplizierte Wirkung des atmosphärischen Druckes auf die See hervorzubringen. Die erstgenannten drei Ursachen können von Einfluss sein, aber die veränderte Wirkung des Luftdruckes wird schliesslich die unmittelbare Ursache der hervorgerufenen Strömung sein.

Die Isobaren um die Gebiete hohen Druckes auf beiden Seiten des Äquators zeigen an, dass auf der äquatorialen Region ein geringeres atmosphärisches Gewicht lastet als auf den erwähnten Gebieten hohen Druckes, und aus der Isobarenkarte der Erde ist ersichtlich, dass zu beiden Seiten des Äquators, in ca. 10° nördl. und südl. Br., je eine Zone normalen Luftdruckes liegt, wo das Barometer auf ca. 760 *mm* (29.92 Zoll) steht. Das ständige barometrische Maximum (30.16 Zoll) im Südwesten der Azoren ist ca. 700000 Quadratmeilen gross, und das Gewicht dieses Luftberges ist um volle 227000000000 Tons grösser als dasjenige der Luft, welche über der gleich grossen zwischen Äquator und 10° nördl. Br. liegenden Zone liegt, wo das Barometer einen normalen Stand von 29.92 Zoll oder $^1/_4$ Zoll weniger als im Gebiete hohen Druckes hat. Die Ergebnisse der Challengerexpedition sollen dargethan haben, dass zur Erhaltung des Gleichgewichts das Meeresniveau im Nordatlantic im allgemeinen höher sein muss, als in der äquatorialen Zone. Verfasser ist der Ansicht dass ein Niveauunterschied hervorgerufen werden muss durch den Unterschied in der Einwirkung des Luftdruckes. Der Druck in dem Gebiete hohen Barometerstandes sollte bewirken, dass hier die Wasserfläche niedriger bleibt als am Äquator, aber nach den Untersuchungen der erwähnten Expedition zwischen 38° nördl. und südl. Br. in 40° westl. L. soll das höhere Niveau an den Grenzen dieses Gebietes liegen, und Croll hat bei Berechnung des Wärmeeinflusses gefunden, dass in 38° nördl. Br. die Meeresoberfläche um $3^1/_2$' höher sein muss, als am Äquator. Doch ist bei den Challengeruntersuchungen der Umstand gar nicht in Betracht gezogen, dass der Luftdruck das Meeresniveau herabdrücken könne. Nur ein kleiner Teil des Ozeans ist untersucht worden, und es ist wahrscheinlich, dass weitere Forschungen die Vermutung bestätigen, dass der niedrigste Stand der Meeresfläche mit dem grössten barometrischen Drucke zusammenfällt. Auf 40° Breite zeigen die Isobaren einen gleichen Luftdruck wie im äquatorialen Gürtel. Nördlich dieses Breitengrades sind die Gradienten steiler, so dass auch die Niveaudifferenzen hier grösser sein müssten. Das Gebiet niedrigsten Druckes im Atlantischen

Ozeane liegt in der Nähe von Island, und danach müsste in dieser Gegend der Stand der Meeresoberfläche am höchsten sein.

Es ist klar, dass der enorme Unterschied im Drucke zur Folge hat, dass das Wasser von den Regionen hohen nach denjenigen niedrigen Druckes gedrängt wird. Dies verursacht Veränderung in der Meeresoberfläche und damit Oberflächenströmungen. Die wirkliche Richtung dieser letzteren wird diejenige der Resultante aus Luftdruck, Wind und Einwirkung der Erdrotation sein. Da der Winkel, den die ersten dieser beiden Kräfte miteinander bilden, nur klein ist, wird die Richtung der Resultierenden nahezu recht nach Lee sein. Ihre Grösse wird abhängen von derjenigen der bewegenden Kräfte, vom spezifischen Gewichte des Wassers, von der Zeit, während welcher die Kräfte wirken, dem erforderlichen Momente und von dem vorhergehenden Zustande der Oberfläche des Teiles, wohin sich der Strom bewegt. Die Gradienten des hohen Druckes sind stetig veränderlich und auch ungleich verteilt. Der Druck wirkt auf das Wasser in der Richtung recht nach unten, zeigt sich, wie bei der Luft, in einer spiralförmigen Bewegung nach aussen, und die Strömungen fliessen recht mit dem Winde oder unter einem grösseren oder kleineren Winkel mit demselben, je nach dem Masse, in welchem die bereits erwähnten Bedingungen der Oberfläche vorherrschen. Die Forschungen des Fürsten von Monaco, auf der Yacht »l'Hirondelle« während der Sommer 1885—1888, ergeben einen engen Zusammenhang zwischen den Isobaren und den Bewegungsrichtungen des Oberflächenwassers, vor allem in der elliptischen Bewegung in der und um die Sargassosee. Die Bewegung der treibenden Wracks und Tausende von Flaschenposten, die dem hydrographischen Amte zugegangen sind, zeigen die nämliche Übereinstimmung der Oberflächenbewegung mit den Linien gleichen barometrischen Druckes. In Leutnant Pilsbury's Bericht: »Untersuchungen über den Golfstrom und deren Resultate«, findet sich ein Kapitel über die Ursache des Golfstromes und der atlantischen Strömungen überhaupt. Nach eingehender Erörterung der Gravitations- und Windtheorie erklärt er den Einfluss des Windes als die vornehmste Ursache, aber auf der letzten Seite des erwähnten Abschnittes räumt er doch ein, dass abnorme Strömungen durch die direkte Einwirkung des Luftdruckes entstehen können: Er konstatiert u. a., dass ein Unterschied von einem Zoll in der Quecksilbersäule einen Niveauunterschied von einem ganzen Fuss ausmachen kann.

Die jährliche Isobarenkarte zeigt, dass zwischen 10° und 40° nördl. Br. ein Gebiet von 9 600 000 Quadratmeilen liegt, wo der barometrische Druck über der normalen Höhe (760 *mm*), dagegen liegt nördlich dieser Zone wieder eine Fläche von ca. 2 300 000 Quadratmeilen, wo der Druck unter der normalen steht. Der Unterschied in den Barometerständen beträgt 0.47 Zoll. Wenn ein Zoll Barometerhöhe ungefähr $^1/_2$ Pfund Druck per Quadratzoll entspricht, so erreicht der Unterschied im Luftdrucke über der Hoch- und

Niedrigregion eine ganz enorme Höhe, so dass eine erhebliche Niveaudifferenz die Folge sein muss. Das Oberflächenwasser wird gegen die schiefe Ebene nach dem Gebiete niedrigen Druckes gedrängt werden, und der Mangel an Druck, oder vielmehr der verminderte Luftdruck in dieser Region, verbunden mit der geringeren Flächenausdehnung derselben, wird der Ansammlung des Wassers hier Vorschub leisten. So verursacht der atmosphärische Druck über dem Atlantischen Ozeane eine Stauung im westlichen Teile des Karaibischen Meeres, und hier ist das Niveau um 1 *m* höher als bei Sandyhook. Der dadurch gebildete Golfstrom vereinigt sich mit dem das Gebiet hohen Druckes umkreisenden Wasser des Atlantic, das an den Bahamainseln entlang fliesst und von da bis zum Kap Hatteras der amerikanischen Küste folgt. Die Bewegung pflanzt sich dann weiter fort, und das Wasser wird durch den nun abnehmenden Luftdruck weiterhin nach den arktischen Regionen gedrängt, bis die Steigung so gross wird, dass der verminderte Luftdruck die Masse nicht mehr bergaufwärts zu schieben vermag.

Eine grosse Menge Wassers fliesst zwischen den Azoren und den Küsten von Portugal und Afrika ab, wo der Luftdruck unter dem Maximum liegt, und gerät dann wieder in die kreisende Bewegung wie zuvor. Das durch den hohen Druck aus der Mitte des Ozeans fortwährend weggedrängte Wasser muss wieder ersetzt werden, und dies geschieht durch Unterströmungen, die, von der Polargegend und dem nördlichen Teile des Ozeans kommend, das Gleichgewicht wieder herstellen. Das durch diese Strömungen herbeigeführte Wasser wird, weil es kälter und in der Folge spezifisch schwerer ist, unter das warme Oberflächenwasser sinken, und so lange der barometrische Druck existiert, können sich diese kalten, in südlicher Richtung verlaufenden Strömungen nicht an der Oberfläche zeigen, weil sie durch die Einwirkung eben dieses Druckes wieder gegen die arktische Region zurückgedrängt werden müssten. Wenn aber infolge der Beschaffenheit der Küste das umkreisende Wasser vom Lande abgelenkt wird, so können sich die kalten Strömungen dort an der Oberfläche zeigen; so finden wir, dass die kalte arktische Strömung sich an der Küste von Labrador entlang, rund um Neufundland und weiter an den Ufern der Vereinigten Staaten entlang bis Kap Hatteras und Florida hinzieht.

Die Strömungen in der Strasse von Messina wurden 1891 von Keller dargestellt [1]). Die italienische Karte Nr. 47 des nördlichen Teiles der Strasse von Messina bringt unter der Rubrik »Bemerkungen« offizielle Daten und Erläuterungen über die Strömungen in dieser Strasse, welche in wesentlichen Punkten mit obigem Berichte nicht übereinstimmen. Die »Annalen der Hydrographie« [2])

---

1) S. d. Bericht in Klein, Jahrbuch **2.** p. **240.**

2) **Ann. der Hydrog. 1893. Heft 12. p. 505.**

geben folgende möglichst wortgetreue Übersetzung jener »Bemerkungen«:

Die Strömungen in der Strasse von Messina können als wahre Gezeitenströmungen erachtet werden. Nach N strömt, von der Flut erzeugt, die bedeutendste Stromversetzung, während die von der Ebbe verursachte nach S geht. Es wechseln dieselben an Stärke und manchmal auch an Richtung, je nach den Jahreszeiten und dem herrschenden Winde.

Wenn der Mond noch ungefähr vier Stunden östlich von seinem Durchgange durch den Meridian von Faro entfernt ist, beginnt der Ebbestrom sich bei Punta Peloro bemerkbar zu machen, schlägt alsdann die Richtung gegen Punta Pezzo ein und gelangt zwei Stunden später zum Fanale di S. Ranieri, von wo aus er sich nach Punta di Reggio wendet, sich nach Streifung der kalabrischen Küste bis Torre Lupo gegen die sizilianische Küste neigt und, merklich an Kraft verlierend, sich ausbreitet. Zur Zeit, wo der Mond den Meridian passiert, herrscht Ebbe im ganzen Kanale.

Bei Punta del Pezzo tritt zwei Stunden nach dem Durchgange des Mondes durch den Meridian die Flutströmung ein, während im südlichen Teile der Meerenge noch die ablaufende Strömung herrscht.

Bei Punta S. Ranieri setzt der Flutstrom zwei Stunden nach seinem Erscheinen bei Punta Pezzo ein und ist vier Stunden nach seinem Entstehen auf dem Kanale vollkommen herrschend. Beim Verlassen der Meerenge strömt er die kalabrische Küste entlang über Scilla und Bagnara dem offenen Meere zu.

Es ist zu bemerken, dass der Wechsel der Tiden nicht in regelrechter Weise vor sich geht, und dass die oben angeführten Stunden nur als Durchschnittswerte des Wechsels gelten können.

In den Tagen der Syzygien zeigen sich die stärksten Strömungen, in den Quadraturen die schwächsten. Die grösste Geschwindigkeit, die beobachtet wurde, war fünf Seemeilen in der Stunde.

Neben der Hauptströmung, ungefähr eine Stunde nach ihrem Durchkommen, entstehen Gegenströmungen, gewöhnlich Bastardi genannt. Diese für die Navigierung der Strasse äusserst nützlichen Bastardi beginnen sehr nahe dem Lande und breiten sich, je nachdem die Hauptströmung an Kraft verliert, bis zu 1 *km* aus. Sie sind schwach, wenn Ebbe und Flut schwach sind, stark, wenn die Hauptströmungen rasch sind.

Die vorzüglichsten Bastardi oder Gegenströmungen, welche während der Ebbe nach Norden gerichtet sind, sind an der Küste von Sizilien beständig zwischen Torre di Faro und Capo Peloro, zwischen Grotte und der Fiumara di Santa Agata, zwischen Punta San Francesco di Paola und dem Kloster del Salvatore dei Greci, zwischen Mili und der Zitadelle von Messina, zwischen Capo S. Alessio und Capo Scaletta.

An der kalabrischen Küste verursacht ferner die Ebbe Gegenströmungen zwischen Punta Calamizzi und dem Dorfe Catona und zwischen Punta Pelloro und Torre Lupo. Fast ganz ruhig ist das Wasser zwischen Catona und Punta del Pezzo. Die Bastardi ferner, die mit der Flut an der sizilianischen Küste entstehen, findet man zwischen Capo Peloro und Torre di Faro, zwischen Francesco di Paola und der Einsegelung des Hafens von Messina; in Kalabrien zwischen Alta Fiumara und Punta del Pezzo, welche letztere Gegenströmung bis zur Hälfte des Einganges der Meerenge sich erstreckt.

Das Zusammentreffen dieser beiden Strömungen erregt das Meer und verursacht eine Reihe starker Rückströmungen oder Strudel, welche als Scale di mare bezeichnet werden.

Die Garofani, wie sie von den Orts- und Sachkundigen genannt werden, sind Rückströmungen und Strudel, welche sich im Punkte des Zusammenstosses entgegengesetzter Strömungen bilden, wie auch dort, wo diese, auf bedeutende Unebenheiten des Grundes stossend, ein Hindernis ihrer Entwickelung finden.

Die beachtenswertesten Garofani sind die vor Scilla und Torre di Faro; der letztere wird Cariodi genannt. Minder wichtig sind ferner die von Santa Agata, Punta Grotte, Salvatore dei Greci, Punta Pezzo und Catona.

Die Gezeitenströmungen im Inneren des Hafens von Messina währen je drei Stunden mit einem dreistündigen Stillwasserintervalle. Mit der Flut strömen sie, die Landzunge von San Ranieri streifend, mit der Ebbe hingegen berühren sie die Porta di San Francesco di Paola, wobei das Wasser nahe bei der »Sanita« ziemlich bewegt ist. Die Strömung ist bei der Küste stärker als in der Mitte des Hafens; die Flut erreicht ihren Wendepunkt eine Stunde vor dem Durchgange des Mondes durch den Meridian, die Ebbe fünf Stunden nach diesem; Unregelmässigkeiten sind jedoch nicht selten.

Zur Physiographie des Golfstroms machte Comm. J. E. Pillsbury von der Ver. Staaten Marine interessante Mitteilungen[1]). »Die von den Änderungen des Windes abhängigen Unregelmässigkeiten des Golfstromes lassen sich nur ganz im allgemeinen vorher bestimmen. Ein Wechsel in der Stärke des Passats kann durch die Strömung nicht nachgewiesen werden, mit Ausnahme jahreszeitlicher Unterschiede, weil die Stärke der Strömung das Ergebnis von durchschnittlichen Bedingungen ist, und ein zeitweilig ungewöhnlich starker Wind in der Passatregion den Durchschnitt nicht wesentlich beeinflusst. Der erste Teil eines Nordsturmes im Golfe von Mexiko wird wahrscheinlich eine starke Strömung verursachen, weil das Wasser gegen die Küste von Kuba getrieben wird, von wo es durch die Strasse von Florida entweicht, die Strömung verstärkend. Ein Wind, der quer über die Strömung weht, ändert die Lage der Strömung

[1]) Pilot Charlt of the North Atlantic Ocean August 1894. Deutsch in den Annalen der Hydrographie 1894. Heft 9. p. 336 u. ff.

nicht. Er wirft einfach durch das Brechen der Wellen das erwärmte Wasser seitwärts und führt es durch Reibung über die gewöhnlichen Grenzen hinaus, aber die Lage des Golfstromes selber bleibt dabei unverändert. Die Anwesenheit von Golfkraut ist durchaus kein sicheres Anzeichen einer Strömung, denn es wird mehr durch die Wellen als durch die Strömung mitgeführt. Weht der Wind quer über den Strom, so kann er alles Kraut ohne Ausnahme in die Gewässer ausserhalb des Stromes befördern. Es ist darauf aufmerksam gemacht worden, dass Golfkraut in unmittelbarer Nähe der Nantucket-Untiefen gefunden wurde. Ein lang andauernder südlicher Wind bringt durch das Brechen der Wellen das Kraut in diese Gegend, 150 bis 200 Sm vom Golfstrome entfernt.

Der Luftdruck ist eine häufige Quelle ungewöhnlicher Stromänderungen in der Strasse von Florida, aber es ist zweifelhaft, ob viel von seinem Einflusse im Atlantischen Ozeane verspürt wird. Ein hoher Barometerstand im Golfe von Mexiko, begleitet von einem niedrigen im Atlantischen Ozeane, verursacht eine stärkere Strömung in der Strasse; bei umgekehrten barometrischen Bedingungen wird die Strömung geschwächt. Der erste Einfluss des Luftdruckunterschiedes wird an den Seiten des Golfstromes bemerkt, wo der normale Strom am schwächsten ist. Gewöhnlich besteht eine neutrale Zone, die an »The Elbow«, nahe beim Carysfort-Riff-Leuchtturme, anfängt und sich bis Tortugas erstreckt; in ihr ist die Strömung veränderlich. Bei hohem Barometerstande im Golfe ist die Strömung in dieser Zone vielleicht stetig östlich, und wenn dieselben Bedingungen lange andauern, wird der Einfluss des Barometers vielleicht im ganzen Golfstrome verspürt.

Dies sind die unregelmässigen und ungewöhnlichen Änderungen des Golfstromes. Der gewöhnliche und normale Strom ist Änderungen in der Geschwindigkeit und etwas auch in der Richtung unterworfen, aber diese Änderungen können mit Genauigkeit vorher bestimmt werden, und die Lage der Axe von der Höhe von Havana bis Hatteras ist bekannt. Die durchschnittliche Geschwindigkeit ist am grössten in der Axe, die selten in der Mitte des Stromes liegt. Bei Havana liegt sie südlich von der Mitte oder an der Küste von Kuba, aber auf der Höhe der Foweyfelsen und des Kaps Florida, und von da bis Kap Hatteras liegt sie westlich von der Mitte. Die Lage der Axe ist unter mittleren Bedingungen:

Ost von der Contoyinsel, Yukatan	35 Sm.
Nord von Havana	25 »
Ost von den Foweyfelsen, Florida	11 »
Ost vom Jupiterleuchtturm, Florida	19 »
SO vom Kap Hatterasleuchtturme, Nord-Karolina etwa	38 »

Vom Jupiterleuchtturme bis zum Kap Hatteras, etwa 16 Sm ausserhalb der 100 Fadenlinie, mit Vernachlässigung der Unregelmässigkeiten dieser Linie.

An den hier gegebenen Orten kann man sicher auf einen starken Strom rechnen. Zwei bis drei Tage nach dem Äquatordurchgange des Mondes ist der Strom hier beträchtlich stärker als zu beiden Seiten. Wenn der Mond sich seiner grössten Abweichung nähert, nördlich oder südlich, nimmt die Strömung in der Axe an Geschwindigkeit ab, und gleichzeitig nimmt sie zu beiden Seiten der Axe an Geschwindigkeit zu. Mit anderen Worten, die stärkste Strömung nach dem Äquatorduıchgange hat eine geringere Breite, aber eine hohe Geschwindigkeit. Die Breite nimmt mit der Änderung in der Stellung des Mondes zu, indem die Geschwindigkeit zu beiden Seiten zunimmt mit dem Breiterwerden der Strömung, und die Geschwindigkeit in der Axe selbst abnimmt. Man kann aus diesen Änderungen Vorteil ziehen, wenn man die Biegung der Floridastrasse durchfährt. Nach dem Äquatordurchgange des Mondes liegt der stärkste Strom auf der Höhe der Foweyfelsen, 11 Sm vom Lande ab, aber nach der grössten Abweichung des Mondes wird ein Schiff fast dieselbe Geschwindigkeit in 6 bis 7 Sm Abstand finden.

Es besteht eine tägliche Änderung in der Geschwindigkeit, die zeitweilig mehr als zwei Knoten ausmacht. Die grösste Geschwindigkeit tritt jeden Tag wie folgt auf: In der Strasse von Yukatan 10 Stunden vor dem oberen Meridiandurchgange des Mondes. Auf der Höhe von Havana 9 Stunden 24 Minuten vorher und auf der der Foweyfelsen 9 Stunden vorher. Eine Zunahme der Geschwindigkeit tritt auch ungefähr ebenso lange Zeit vor dem unteren Durchgange des Mondes auf, aber sie ist gewöhnlich sehr gering und nicht deutlich ausgeprägt.

Die charakteristischen Merkmale der verschiedenen Teile des Golfstromes vom Karaibischen Meere bis zum Kap Hatteras sind folgende:

In der Strasse von Yukatan führt die Hauptmasse der Strömung in den Golf von Mexiko durch den westlichen Teil der Strasse, mit der grössten Geschwindigkeit zwischen 25 bis 45 Abstand von den Contoyinseln, Yukatan. An der Ostseite, innerhalb 20 oder 30 Sm Abstand von Kap San Antonio, befindet sich eine veränderliche Zone, in der die Strömung nach hoher Abweichung des Mondes rücklaufend in das Karaibische Meer hineingeht, während sie nach dem Äquatordurchgange des Mondes in die Strasse von Florida hineinsetzt.

Quer über den westlichen Eingang der Strasse von Florida, auf einer Linie 60 Sm östlich vom Meridiane des Kaps San Antonio, wird dieselbe rücklaufende Strömung bemerkt, d. h. längs der Küste von Kuba setzt hier der Strom nach dem Karaibischen Meere hin nach hoher Abweichung des Mondes und nach Havana hin nach niedriger Abweichung. Die Hauptstärke der Strömung liegt in diesem Schnitte auf der Nordseite, 20 oder 30 Sm ausserhalb der 100 Fadenlinie, wo die Strömung zu allen Zeiten nach der südlichen Seite der Strasse gerichtet ist, oder auf den Ort der Axe nördlich von Havana.

Zwischen Key West und Havana ist die Strömung veränderlich an der nördlichen Seite auf einer Strecke von 20 oder 25 Sm. Dies ist ein Teil der neutralen Zone, deren Anfang, wie schon bemerkt, etwa bei »The Elbow« in der Nähe des Carysfort-Riff-Leuchtturms liegt, und die allmählich mit zunehmender Länge breiter wird. Ihre Breite ändert sich unter normalen Verhältnissen des Barometers u. s. w. in der Weise, dass sie nach hoher Abweichung des Mondes schmal ist, breit nach niedriger Abweichung. Unter den erwähnten Bedingungen, bei grosser Breitenausdehnung des starken Stromes erstreckt er sich weiter nach Norden, greift in die neutrale Zone hinein und macht sie schmaler.

Beim Fowey-Felsen-Leuchtturme ist die Axe etwa 11 Sm vom Lande entfernt, aber nach hoher Abweichung des Mondes wird ein starker Strom 6 oder 7 Sm vom Lande ab gefunden.

Bei Kap Hatteras soll nach allgemeiner Annahme das Thermometer den Golfstrom sicher anzeigen, und der stärkste Strom mit der höchsten Temperatur zusammenfallen. Dies entspricht aber nicht den Thatsachen. Das warme Wasser zeigt nur seinen tropischen Ursprung an und kann mit oder ohne Strömung auftreten. Das wärmste Wasser südöstlich vom Kap stammt von einer ganz langsamen Driftströmung aus der Passatgegend ausserhalb der Westindischen Inseln her. Der Golfstrom selber fliesst zwischen diesem warmen Wasser und der 100 Fadenlinie.

Geht man von den Hatterasuntiefen aus, so findet man den ersten deutlichen Anstieg der Temperatur in der Nähe der 100 Fadenlinie. Etwa 40 Sm weiter vom Lande weg folgt ein plötzlicher Fall, dann wieder ein Steigen, das ungefähr 75 Sm vom Kap entfernt seinen Höhepunkt erreicht. Der starke Strom liegt nordwestlich von dem plötzlichen Falle in der Temperatur. Obwohl der Golfstrom die Tropen ungefähr mit derselben Temperatur verlässt wie das Wasser, das von ausserhalb der Inseln herkommt, verursachen seine schnellere Bewegung und seine kleinen täglichen Änderungen in der Richtung eine Mischung des Wassers an der Oberfläche und in der Tiefe, so dass das Wasser des Golfstromes zur Zeit, wo Hatteras erreicht wird, kühler ist als das Wasser der viel langsameren Drift ausserhalb der Inseln.

Es ist schwierig, nach dem Thermometer mit Bestimmtheit anzugeben, wann man die Strömung erreicht hat. Alle Beobachtungen vor Anker und auf einer Strecke von über 60 Sm von der 100 Fadenlinie deuten an, dass der Golfstrom hier dieselben regelmässigen Gesetze hat wie in der Strasse von Florida. Das heisst, nach der grössten Abweichung des Mondes ist der stärkere Strom breit und erstreckt sich am nächsten nach der 100 Fadenlinie hin, und dann tritt das erste Ansteigen der Temperatur wahrscheinlich zugleich mit einem Nordoststrome auf. Nach niedriger Abweichung des Mondes dagegen, wenn die Axe schmaler ist, tritt der erste Anstieg der Temperatur mit einer Strömung auf, die in entgegengesetzter Richtung

fliesst. Es wird aber vermutet, dass dieser rücklaufende Ast nur schmal ist.

Ausserhalb des Golfstromes lässt sich keine Schätzung machen, aber der Strom ist gewöhnlich sehr schwach auf seinem Kurse nach dem Mantanillariffe (nahe der Nordwestecke der Kleinen Bahamabank) oder nach Abaco und dem »Hole in the Wall«.

9. Quellen und Höhlen.

Zusammenhang der Trichter des Jouxsees mit der Orbequelle. Nach dem Vorgange von Knop, der im Jahre 1878 mittels Farbstoff den unterirdischen Zusammenhang zwischen der Aachquelle und der Donau nachgewiesen, haben Forel und Golliez auch den Zusammenhang zwischen den trichterförmigen Vertiefungen des Jouxsees im Jura und der Orbequelle bei Vallorbe nachzuweisen gesucht. Dass ein solcher Zusammenhang existiere, dafür lagen bereits folgende Thatsachen vor:

Durch thermometrische Messungen war 1853 gefunden, dass die Temperaturänderungen der Orbequelle genau den Schwankungen der Temperatur im Wasser der Jouxseen folgten, während andere Quellen, die der Aubonne, Venoge, Lionne u. a., fast unveränderlich waren. Ferner war 1884 beobachtet, dass dem Öffnen der Schleusenwehren von Bonport (im Jouxsee) nach einigen Stunden ein Anschwellen der Orbe bei Vallorbe gefolgt ist. Endlich sprachen die geologischen Verhältnisse der Trichter und der Quelle für einen solchen Zusammenhang. Diesen direkt nachzuweisen, unternahmen nun Forel und Golliez.

Der erste Versuch am 3. Dezember 1892 war erfolglos; sie schütteten 1 *kg* Anilinviolett in den Seetrichter und fanden bei fünfstündiger Bewachung der Quelle keine Färbung. Aber schon am 1. September 1893 wurde ein positives Ergebnis durch Piccard erzielt, als er eine grosse Menge Fluoresceïn in den Trichter von Bonport schüttete und dasselbe nach 50 Stunden an der Orbequelle erscheinen sah; der Fluss blieb 18 Stunden lang gefärbt. Am 28. Dezember wiederholten daher die Verfasser den Versuch und warfen, während die lange geschlossenen Schleusen von Bonport geöffnet wurden, $4^1/_4$ *kg* Fluoresceïn in das Wasser. Das Anschwellen der Quelle begann $2^h\ 8^m$ nach dem Öffnen der ersten Schleuse; es nahm langsam zu und erreichte seinen Höhepunkt $7^h\ 40^m$ nach dem Öffnen der letzten Schleuse. Der Farbstoff aber erschien in der Quelle erst 22 Stunden, nachdem er in Bonport hineingeworfen worden; 5 Stunden später war er in Vallorbe sichtbar, am nächsten Morgen war das Flusswasser in Orbe fluoreszierend und im Laufe desselben Tages auch in Yverdon (am Einflusse in den Neuchateller See); der Fluss blieb zu Vallorbe 17 Stunden lang gefärbt.

Ein letzter Versuch wurde am 6. Januar 1894 um 11^h morgens gemacht; dieselbe Menge Fluoresceïn wurde in den Trichter von

Rocheray, den am meisten bergaufwärts gelegenen von den Trichtern des Jouxsees, geschüttet. Die Farbe wurde zu Vallorbe erkannt am 18. Januar um 4^h nachmittags, und am 19. war der Fluss prächtig fluoreszierend; am Nachmittage des 19. war die Fluoreszenz in Orbe sichtbar, und am Morgen des 20. war sie verschwunden.

Durch diese Versuche ist der unterirdische Zusammenhang zwischen den Trichtern des Jouxsees und der Quelle der Orbe sicher erwiesen. Der Höhenunterschied zwischen dem See und der Quelle beträgt 226 *m*. Die Entfernung von Rocheray bis Bonport beträgt 8 *km*, von Bonport bis zur Orbequelle 3 *km*, von der Quelle bis Vallorbe 3 *km*, von Vallorbe bis Orbe 12 *km* und von Orbe bis Yverdon 11 *km*.

War hiermit der durch den geologischen Bau geforderte Zusammenhang zwischen den Trichtern des Sees und der Orbequelle experimentell erwiesen, so war nicht weniger interessant die Thatsache, dass in den zahlreichen Flüssen und Teichen am Südostabhange des Jura nach dem Genfer See zu während des Versuches im Dezember keine Fluoreszenz gefunden werden konnte; ebenso wenig in den Quellen des Doubs, so dass unterirdische Kommunikationen nur nach der Orbe hin stattfinden[1]).

Der Ursprung der Teplitz-Schönauer Thermen ist von N. Marischler genau studiert worden[2]). Wiederholt haben in den Gruben um Teplitz herum Wassereinbrüche stattgefunden, wodurch die Wasserführung der Thermalquellen beeinträchtigt wurden. Marischler erblickt in der häufigen Wiederkehr dieser Einbrüche eine periodische Erscheinung, die darauf beruht, dass die unterirdischen thermalen Stauwasser nach einiger Zeit immer wieder ihre höchste Spannung erreichen und dieselbe dann gewaltsam auszugleichen streben. Infolge seiner Untersuchungen sprach er schon 1888 die Ansicht aus, dass die Thermalwasser nicht dem Porphyr, sondern dem Basalte entstammen. Ihre Entstehung verdanken sie den atmosphärischen Niederschlägen, welche im Basalte leichter in die Tiefe sinken können, als im Porphyr; daher ist auch ihre Herkunft in dem Gebirge zu suchen, wo das erstgenannte Gestein ansteht, d. i. im Böhmischen Mittelgebirge, und nicht, wie bisher angenommen wurde, im Erzgebirge. Für eine Herkunft der Thermalwasser vom basaltischen Böhmischen Mittelgebirge spricht auch die Thatsache, dass von demselben nur sehr wenige und dazu noch ganz unbedeutende Wasserläufe herabkommen, welche gar nicht den Niederschlagsmengen entsprechen; letztere müssen also in bedeutender Stärke in den Boden hineinsickern. Der unterirdische Lauf der Thermalwasser ist also ein süd-nördlicher. Dieser Thatsache muss daher auch beim Ansetzen eines Bohrloches in erster Linie Rechnung getragen werden. Zum

---

1) Naturw. Rundschau 1894. Nr. 25.
2) Marischler, die Ergebnisse der Teplitzer Tiefbohrungen. Teplitz.

Verständnisse dieser Verhältnisse muss auf die Tektonik des Bodens eingegangen werden, auf welchem Teplitz gebaut ist, und dem die Thermalquellen entsprudeln. Durch den Teplitzer Porphyr geht WSW zu ONO eine Verwerfung, welcher die Abhänge der Königs- und Stefanshöhe entsprechen, und infolge deren der südöstliche Teil des Porphyrs um etwa 100 *m* gehoben, resp. die nordwestliche Partie desselben um soviel gesunken ist. Nahezu senkrecht auf die Verwerfung ist der höhere südöstliche Teil geborsten, wodurch ein schmales Thal entstanden ist, in welchem die Prager Strasse verläuft. Der nördliche, tiefergelegene Teil des Porphyrs hat sich als stark zertrümmert erwiesen. Auf der Verwerfung liegen die Thermalquellen, und Verfasser glaubt, die bislang unaufgeklärte Unabhängigkeit der nahe beisammenliegenden Schönauer und Teplitzer Quellen voneinander mit dem Aufeinandertreffen der Zerklüftungsspalte auf die Verwerfung in Verbindung bringen zu dürfen. Die von Süden, vom Mittelgebirge, herabkommenden Gewässer stauen sich an dem Porphyr und treten auf der Verwerfung zutage; infolge der Einbrüche in die bei Osseg gelegenen, oben genannten Kohlengruben wurde jedoch die Spannung ausgelöst, und die Wasser flossen, ohne zutage zu treten, weiter. Soll demnach die Quelle so erbohrt werden, dass sie von den Folgen eines eventuellen erneuten Einbruches in die Gruben nicht beeinträchtigt wird, so kann dies nach dem Verfasser nur in dem südöstlich von der Verwerfung gelegenen Teile des Porphyrs geschehen.

Der Sprudel zu Neuenahr ist von Rudolf Hefelmann auf seinen Arsengehalt untersucht worden[1]. Der Sinter desselben enthält hiernach 0.37 % As_2O_3, der Sprudel selbst pro Liter 0.08 *mg* As_2O_3, sowie 0.50 *mg* P_2O_5.

Die artesischen Brunnen des ungarischen Tieflandes besprach J. Halaváts[2]. Dort sind alle Bedingungen zur Anlage artesischer Brunnen vollständig vorhanden und zahlreiche Bohrungen ausgeführt. In der Mitte des Beckens sind die Brunnen am wasserreichsten, und der Nullpunkt des Wassers liegt dort in 104 *m* Höhe. Im südlichen Teile der ungarischen Tiefebene, wo bereits in 30—50 *m* Tiefe Wasser erhalten wurde, hat sich infolge übermässigen Anzapfens die Wassermenge vermindert, und der Spiegel ist gesunken.

Merkwürdige Beschaffenheit des Wassers aus einem artesischen Brunnen. Dieser Brunnen befindet sich im südlichen Alabama, 300 Yards vom Mobile River entfernt, und hat eine Tiefe von 685 Fuss; das Wasser steigt 50 Fuss über die Erdoberfläche. Der Brunnen ist mit eisernen Röhren ausgekleidet. Bemerkenswert ist eine tiefbraune Farbe des Wassers, ein unangenehmer Geruch,

[1] Pharm. Centralhalle **35.** p. 80—81.
[2] Földtani Közlöny 1893 **23.** p. 397.

wie von moderndem Holze, ein unangenehmer, salziger und fauliger Geschmack und sehr hoher Gehalt an freiem und Albuminoidammoniak und an Chlor. Eine Probe enthielt nach R. Haines in 100000 Teilen 0.69 Teile freies Ammoniak, 0.0740 Teile Albuminoidammoniak, 0.04 Teile Nitratstickstoff, 99.8 Teile Chlor, 206 Teile Gesamtrückstand und verbrauchte 1.0892 Teile Sauerstoff. Nitrite waren nicht vorhanden, das Wasser war durch Natriumcarbonat stark alkalisch und schied beim Ansäuern und Erwärmen die organische Substanz in Form hellfarbiger Flocken aus, die sich in Alkalien wieder lösten. Zahlreiche gewimperte Infusorien, vorzugsweise Paramaecia, fanden sich in dem Wasser. Das ungewöhnliche Vorkommen so vieler organischer Substanzen in dem Wasser eines artesischen Brunnens ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass das Wasser durch vegetabilische Substanz aus einem Torfmoore verunreinigt ist, das sich mehrere 100 Fuss unter der Oberfläche befindet. Die grosse Menge des Ammoniaks rührt vielleicht von den Überresten mariner Fische und anderer Tiere her, die durch die konservierende Wirkung des Torfes vor der völligen Zerstörung bewahrt blieben; dafür spricht auch die leichte Abspaltbarkeit des Albuminoidammoniaks, das rasche Faulen des Wassers und der Umstand, dass mit dem Wasser oft Knochen und Muschelschalen ausgeworfen werden. Der Salzgehalt des Wassers deutet auf die auch sonst bewiesene Nachbarschaft unterirdischer Salzlager; ein Zusammenhang mit der See ist wegen des hohen Druckes, unter dem das Wasser ausströmt, und wegen der von der Zusammensetzung der festen Bestandteile des Seewassers gänzlich verschiedenen Zusammensetzung der Mineralbestandteile ausgeschlossen[1]).

Die Naturgasquellen und -gebiete von Ohio und Indiana schildert M. Klittka[2]). Im nordwestlichen Ohio liegt ein als Black-Swamp bekanntes und früher fast unzugängliches, später durch Drainage sehr fruchtbar gewordenes Gebiet, woselbst man seit vielen Jahren das Ausströmen von brennbarem Gase bei Brunnenbauten beobachtet hat. Seit 1884 war dort eine Gesellschaft thätig zur Ausbeutung und Nutzbarmachung dieses Heizungsmaterials. Dasselbe gehört zur Reihe der Kohlenwasserstoffverbindungen, welche verhältnismässig viel Wasserstoff enthalten und deshalb Hydrocarbonate genannt werden. Die Gasfelder von Ohio und Indiana gehören dem unteren Silur an, in Indiana findet sich vielfach Petroleum als Begleiter des Gases. Als Reservoire dient dort Trentonkalk von verschiedener Mächtigkeit, während Hudson River- und Utica-Schiefer den Abschluss erzeugen. Der Trentonkalk wird von anderen dichten Kalken überlagert, und man hat bemerkt, dass er in Ohio überall, wo über ihm Niagarakalk liegt, G a s, wo Helderbergkalk ihn bedeckt, P e t r o l e u m führt; ähnlich, aber nicht stets so, ist es

[1]) Chem. Centralbl. 1894. **1.** p. 644.
[2]) Zeitschrft. f. praktische Geologie 1894. Heft 7. p. 272.

in Indiana. Das grosse Trentonkalkgebiet zwischen Michigan und Kanada, New-York und Pennsylvanien, Tennessee und Wisconsin, bildet ein ungeheueres Becken, in welchem alles Regenwasser nach Durchdringung der Schichten und dabei erfolgender Beladung mit bitteren Salzen vom Rande nach der Mitte zu abfliesst, hier als schwerster Körper sich zu unterst anordnet und das im Trentonkalke und anderen Sedimentgesteinen sich bildende Gas und Petroleum in die im Zentrum des Beckens aufragende domförmige Erhebung emporpresst. Letzteres geschieht bis in die relativ höchsten Erhebungen, und dort würde das Gas sofort entweichen, wenn nicht eine undurchlässige Schicht dies verhinderte. Gas sowie Petroleum stehen folglich unter ungeheuerem Wasserdrucke, und so kommt es, dass man beim Bohren zuletzt überall auf Salzwasser stösst. Die Tiefe dieses Wasserspiegels, die sogen. tote Linie, ist natürlich sehr verschieden, sie liegt in Indiana bei 30 *m*, im Findlay-Terrain (Ohio) bei 122 *m* unter dem Meere. Der Druck ist so enorm, dass er das Salzwasser bis zu 450 *m* emportrieb. Bei Anbohrung eines Gasreservoirs strömt das Gas mit grosser Gewalt aus, bisweilen wurden Bohrer von 20 Ztr. Gewicht herausgeschleudert und die festesten Tanks und Röhren, in die man es fassen wollte, zersprengt. Bringt man in den der Mündung eines Bohrloches entsteigenden Gasstrom ein Manometer, so zeigt dieses den dynamischen Druck an, aus dem man die Ergiebigkeit des Brunnens berechnen kann. Schliesst man dagegen die Bohröffnung, so steigt der Gasdruck innerhalb derselben bis auf ein Maximum, welches man als statischen Druck bezeichnet. Derselbe erreicht bei allen Brunnen eines Gebietes, unabhängig von ihrer Ergiebigkeit, schliesslich die gleiche Höhe (in Indiana 150—175 *kg*, in Findlay 225—250 *kg*, in Pennsylvanien 250—450 *kg* pro Quadratzoll). Dieser statische Druck wird durch den Druck des Salzwassers verursacht, welches sich unter dem Gase befindet, er ist um so grösser, je tiefer die Oberfläche des Salzwassers liegt. Grössere produktive Gasgebiete in Ohio und Indiana giebt es drei. Dasjenige bei dem Städtchen Findlay umfasst 600 *qkm* und besitzt Brunnen, die in 24 Stunden 12 Millionen Kubikfuss Gas liefern. Die ersten Bohrversuche auf Gas in Indiana fanden 1886 bei Eaton statt, ihnen folgten zahllose andere, und heute erstreckt sich das gasliefernde Gebiet durch 17 Counties. Die poröse Schicht giebt bei 0.6 *m* Mächtigkeit schwach strömende Brunnen, bei 1—2 *m* solche von 1—$2^1/_2$ Millionen Kubikfuss täglich, eine Menge, welche schon kommerziell verwertbar ist. Infolge der grossen Ausdehnung des Cincinnati-Domes umfasst das produktive Gasgebiet eine Fläche von 5800 *qkm*, auf der 1890 bereits 400 Brunnen mit einer täglichen Gesamtlieferung von 779 525 Millionen Kubikfuss Gas in Thätigkeit waren. Als ergiebigstes Gebiet stellte sich die Umgebung von Muncie dar. Brunnen, die schwach fliessen, oder bei denen der Gasdruck nachlässt, werden durch Pumpen ergiebiger gemacht. Die Benutzung des Gases ist, da es nur eine minimale Rauchentwickelung

besitzt, eine sehr ausgedehnte, es ist das denkbar beste Brennmaterial, und infolge dessen vollzog sich in dem Gasgebiete, ein mächtiger industrieller Aufschwung. Der Ertrag der Gasbrunnen nimmt jedoch neuerdings ab.

Eine mächtige Petroleumquelle in Persien. Das Hochplateau von Iran ist mit tertiären Ablagerungen von beträchtlicher Mächtigkeit bedeckt. Längs der Küste sowohl als im Inneren treten vielfach Petroleumspuren zutage, doch haben die bisher von einer englischen Gesellschaft angestellten Bohrversuche keine glänzenden Resultate ergeben. A. F. Stahl hat bei Senman, auf dem Wege von Teheran nach Mesched im Kevir (Salzwüste) eine ergiebige Petroleumquelle entdeckt. Senman liegt in einer buchtartigen Depression, umgeben auf der einen Seite von Gebirgszügen älterer Sedimentgesteine (Jura und Lias), auf der anderen Seite von mächtigen tertiären Thon- und Kalkkonglomeratbänken. Die Petroleumquelle befindet sich hinter einem Hügel, der aus Mergel- und Gipsspatschichten besteht, die einen Luftsattel bilden. In der Mitte des Faltenbruchs treten antiklinal Kalkmergel und darunter blauer Thonmergel zutage. Aus diesen entströmen salzige Schwefelquellen und unter diesen das Petroleum. Ein etwa 6 *m* tiefer Schacht lieferte täglich 40—50 Gallonen Öl von dunkelbrauner, im auffallenden Lichte grüner Farbe. Dasselbe scheint bei ca. 200° zu destillieren, verbreitet aber einen penetranten Geruch, dessen Ursache wahrscheinlich in einem ziemlich beträchtlichen Schwefelgehalte zu suchen ist. Es lässt sich schwer klären und nur schlecht durch H_2SO_4 entfärben, auch besitzt es einen beträchtlichen Paraffingehalt. — In der Nähe fand Stahl auch Ölquellen im Gebirge. Es scheint daher, dass die Hebung der Gebirge über das Niveau des tertiären Meeres erst nach Bildung des Öles erfolgte. Stahl glaubt jedenfalls, dass Persien reich an Petroleum ist.[1])

Die Höhlen von Pung in Tonking werden von Dr. P. Mirande geschildert[2]). Sie liegen oberhalb des französischen Postens von Chora und bilden einen Tunnel von 350 *m* Länge bei 30 bis 40 *m* Breite, der sich durch einen Kalkberg hinzieht; von ihm zweigen sich noch einige grössere Grotten ab. Durchflossen wird der Tunnel vom Song-nang, einem Zuflusse des Song-gam, der seinerseits in den Clairefluss mündet. Nach Dr. Mirande handelt es sich um einen Erosionstunnel, dessen Grotten wiederholt und bis in die neueste Zeit herab den Eingeborenen als Zufluchtsstätten, namentlich beim Einbruche von Feinden, gedient haben. Das Dorf Ban-Pung (wörtlich: Höhlendorf in der Tho-Sprache) ist von Thos (die man in Tonking Muongs und in Anam Moïs nennt) bewohnt.

---

[1]) Chem.-Ztg. **17.** p. 1409.
[2]) Bull. de Géogr. hist. et descriptive 1893. Nr. 3.

Eishöhlen und Windröhren Auf Grund langjähriger eigener Beobachtungen und Studien veröffentlichte Prof. E. Fugger eine wichtige Abhandlung hierüber [1]), in welcher er zu dem Ergebnisse kommt, dass nur die Winterkälte die direkte Ursache der Eisbildung in den Eishöhlen sei, während man anderseits bald den Sommer, bald den Frühling als die Zeit des vorwiegenden Gefrierens von Höhlenwässern gefunden zu haben glaubte.

Unter Eishöhlen versteht Prof. Fugger Höhlen, in denen die Eismassen, welche sich während des Winters darin gebildet haben, den Sommer über ganz oder zum Teile ausdauern, und in denen sich keinerlei konstante Luftströme bemerkbar machen. Windröhren dagegen sind Kanäle, welche den Boden durchziehen, und deren Mündungen in verschiedener Höhe liegen; in ihnen treten regelmässige konstante Luftströme auf. Die unteren Mündungen können unter Umständen auch Eis enthalten, und in solchen Fällen haben sie Veranlassung gegeben zu irrtümlichen Anschauungen über das Wesen der Eishöhlen.

In den Alpen sind dem Verf. über 70 Eishöhlen bekannt geworden, im Jura 8, in den Karpathen 11, im deutschen Mittelgebirge 6, in Skandinavien und Island 2, in der Krim und im Kaukasus 3, im Ural 7, in Sibirien und Zentralasien 6, auf Teneriffa 1 und in Nordamerika 3. Von diesen Höhlen sind am eingehendsten untersucht die Kolowratshöhle, der Eiskeller und die Schellenberger Eisgrotte auf dem Untersberge bei Salzburg durch den Verf.; die Eishöhle von Chaux-les-passavant (la Baume bei Besançon) durch A. Girardot und L. Trouillet; die Eishöhle von Dobschau durch Krenner, Fehér und andere; endlich die Eishöhlen von Frain durch Roth, Wachtl, Niessl und Jars. Von den übrigen Höhlen existieren mehr oder weniger eingehende Beschreibungen, von vielen auch Temperaturbeobachtungen von verschiedenen Zeitpunkten.

»Damit in einer Höhle sich im Winter Eis bilden kann, muss in derselben Wasser in irgend einer Form vorhanden sein, und es muss die kalte äussere Luft Gelegenheit haben, in die Höhle einzudringen. Das Wort Winter muss hier in der weitesten Bedeutung genommen werden als jene Zeit, in welcher die äussere Lufttemperatur unter Null ist. Die letztere der beiden eben angeführten Bedingungen, die Möglichkeit des Eintrittes kalter Luft in die Höhle, wird dadurch erfüllt, erstens, dass die Höhle irgend eine nicht allzu enge Öffnung oberhalb ihrer Sohle besitzt, welche mit der äusseren Luft in Verbindung steht, weil kalte Luft, d. h. eine Luft, welche eine niedrigere Temperatur besitzt als jene der Höhlenluft, daher schwerer als diese ist, nicht in den Raum eindringen könnte; zweitens, dass der Eintritt der Luft nicht durch einen langen und engen Kanal geschehen muss, in welchem sich dieselbe durch die Bodenwärme über Null Grad erhöhen könnte; und endlich drittens, dass dem Einströmen der kalten Luft nicht durch entgegengesetzte, aus der Höhle kommende konstante Luftströme ein Gegengewicht geboten wird, wie dies am oberen Ende einer Windröhre der Fall ist.

Das Wasser, welches zur Eisbildung in der Höhle dienen soll, kann als Schnee durch die Öffnung eingeweht werden oder bereits vom vorangegangenen Sommer als kleiner See in der Höhle vorhanden sein oder als Tropfwasser durch feine Spalten und Risse der Decke in das Innere gelangen. Eingewehter Schnee, der sich später durch Schmelzwasser in Eis umwandelt, wird nur in wenigen Fällen das Material einer Eishöhle bilden, da die Menge desselben nie von Bedeutung sein kann. Eine Höhle ohne irgend einen Abfluss der Gewässer dürfte ebenfalls zu den Seltenheiten gehören; es können daher Grottenseen nur in Ausnahmsfällen auf-

[1]) Mitteil. d. k. k. Geogr. Gesellschaft in Wien 1894. **37.** p. 97 u. ff.

treten. Die gewöhnliche Form des Wassers, welches durch die Winterkälte in einer Höhle in Eis verwandelt wird, ist das Tropfwasser, welches zu jeder Jahreszeit in das Innere derselben gelangt.

Das Regenwasser, welches über der Höhle auffällt, das Wasser des Schnees, der über ihr schmilzt, sickert durch die Decke allmählich in das Innere der Grotte und sinkt in grösseren oder kleineren Tropfen, mehr oder weniger reichlich, längs den Wänden oder durch die Luft auf ihren Boden. Dass das Abschmelzen des Schnees auch im Winter stattfindet, und sohin auch im Winter den Eishöhlen Wasser zugeführt wird, ergiebt sich aus vielen Thatsachen. Jeder, der auf schneebedeckten Bergen gewandert ist, weiss, dass man in der Nähe von Gesträuch, Steinblöcken oder schiefem Felsboden leicht und tief in den Schnee sinkt, während man in der Mitte einer Schneemulde sicheren Trittes dahin wandelt. Es ist die Bodenwärme, welche, oft auch noch vereint mit der Sonnenwärme, an solchen Stellen den Schnee zum Schmelzen bringt. Das Schmelzwasser sickert in den Boden und gelangt so in die Eishöhle. Fällt der Schnee im Herbste, bevor noch der Boden auf oder unter den Gefrierpunkt abgekühlt ist, so bildet gerade die Schneedecke einen derartigen Schutz für die darunter liegende Felsmasse, dass ihre Temperatur von der Kälte der äusseren Luft wenig oder gar nicht beeinflusst wird. Simony hat durch die höchst interessanten Beobachtungen, welche er in dem sehr strengen Winter von 1879 auf 1880 auf dem Hallstätter See gemacht hat, nachgewiesen, dass das Eis des Sees unter der Schneedecke trotz der ausserordentlich niedrigen Temperatur nicht um einen Zentimeter zunahm, ja im Gegenteile dünner wurde, während es dort, wo es nicht vom Schnee bedeckt war, mit grosser Geschwindigkeit wuchs. Die reichlichste Wassermenge kommt allerdings im Frühjahre, zur Zeit der Schneeschmelze, in die Höhle. Das im Winter und ersten Frühjahre in der Höhle vorhandene oder in dieselbe gelangende Wasser gefriert sodann unter dem Einflusse der daselbst herrschenden Kälte zu Eis und erhält sich als solches je nach den Verhältnissen kürzere oder längere Zeit.

Man kann mit Petruzzi nach der Dauer des Eises in den Höhlen dieselben in zwei Kategorien teilen: in periodische, in denen das Eis in der wärmeren Jahreszeit vollkommen abschmilzt, und in permanente, in denen es das ganze Jahr hindurch ausdauert.

Die Bedingungen, welche das Ausdauern des Eises bis in den Sommer oder auch durch das ganze Jahr ermöglichen oder erleichtern, sind folgende:

Wenn der Boden der Höhle tiefer liegt, als der Eingang zu derselben, so sinkt die äussere kalte Winterluft wegen ihrer grösseren Dichte in die Höhle hinab, wenn die Temperatur der Höhlenluft höher ist als jene der äusseren Luft, und wird daselbst auch während der wärmeren Jahreszeit verweilen, da die warme äussere Luft ihres geringeren Gewichtes halber die schwerere kalte Höhlenluft nicht verdrängen kann.

Sämtliche dem Verfasser bekannt gewordenen Eishöhlen besitzen die eben angeführte Eigenschaft.

Lage und Form der Höhle sind von entschiedenem Einflusse auf die Bildung und Erhaltung des Eises. Verfasser stellt in dieser Beziehung verschiedene Typen der Eishöhlen auf.

Nach der Lage:

1. Offene Höhlen, d. h. solche, deren Eingang frei an einer Felswand liegt; z. B. die Kolowratshöhle und die Schellenberger Eisgrotte auf dem Untersberge, die Eishöhle am Seilerer, die Eishöhle am Birnhorne, die Kliebensteinhöhle, die Eishöhle am Langthalkogel, die Seelucken am Ötscher, die Grande cave de Montarquis.

2. Trichterhöhlen, Höhlen, deren Eingang sich am Grunde einer trichterförmigen Vertiefung des Bodens, in einer Schlucht oder Kluft, befindet; z. B. das Wasserloch auf der Spitzalpe, der Eiskeller und die Windlöcher auf dem Untersberge, die Eishöhle bei Adelsberg, jene von Grand Anu.

3. Grubenhöhlen, gedeckte Gruben, in welche man von oben durch eine Öffnung in der Decke gelangt, wie die Eishöhle von St. George und jene von Monthezy.

Nach der Form:

1. Sackhöhlen, in welche man vom Eingange aus sofort gelangt, ohne erst einen engeren Gang passieren zu müssen, und aus welchen keine Gänge aufwärts ins Innere des Berges führen; z. B. die Kolowratshöhle, der Seeofen auf dem Tännengebirge, die Kliebensteinhöhle, die Eishöhle von St. George.

2. Ganghöhlen, in welchen man einen mehr oder weniger engen, gedeckten Gang zu passieren hat, ehe man den eigentlichen Höhlenraum erreicht. Auch aus diesen Höhlen führt kein Gang aufwärts ins Innere des Berges; z. B. der Eiskeller auf dem Untersberge, die Eishöhle am Brandsteine, die Eishöhle am Seilerer.

3. Röhrenhöhlen, Höhlen, welche sich von dem eigentlichen Grottenraume aus durch aufwärts führende Gänge in das Innere des Berges fortsetzen; z. B. die Posselthöhle auf dem Tännengebirge, das Eisloch am Zinken, die Seelucken am Ötscher, die Grande cave de Montarquis, die Surturhöhle auf Island.

Die offenen Höhlen liegen an steilen Felswänden, längs welchen die ab- und aufsteigenden Luftströme besonders lebhaft sind. Sobald der kalte, abwärts sinkende Strom der Winterluft beginnt, muss derselbe in die Höhle sinken und die darin vorhandene wärmere Luft verdrängen. Wenn dagegen warme Luftströme längs der Felswand aufwärts steigen, werden sie nach Art einer Wasserluftpumpe saugend auf die in der Höhle eingeschlossene kalte Winterluft wirken. Die Lage an einer steilen Felswand ist daher, wie bereits Thury erwähnt hat, der Erhaltung des Eises über den Sommer weniger günstig.

Trichterhöhlen und Grubenhöhlen sind zur Erhaltung des Eises besonders geschickt, da durch den Trichter oder den Eingangskanal die Tiefe der Höhle selbst gewissermassen vermehrt und die Möglichkeit des Entweichens der kalten Höhlenluft, auch bei horizontalen Bewegungen der äusseren Luft, vermindert wird.

Sackhöhlen begünstigen die Erkaltung während des Winters, kühlen sich also stärker ab, müssen sich aber auch im Sommer leichter erwärmen, da die Kommunikation mit der äusseren Luft eine freiere ist.

Bei Ganghöhlen dagegen tritt der umgekehrte Fall ein, sie kühlen sich langsam und weniger ab und erwärmen sich ziemlich rasch durch die Bodenwärme.

Röhrenhöhlen können nur in ihren tiefer gelegenen Partien Eishöhlen sein. Es ist hier überdies noch zu unterscheiden, ob die in das Innere des Berges aufwärts führende Röhre im Berge selbst ihr Ende erreicht, oder ob sie irgendwo ins Freie mündet.

Sack-, Gang- und Röhrenhöhlen, welche entweder nur eine Mündung besitzen, oder bei denen die Mündungen nebeneinander in ziemlich gleicher Höhe liegen, sind, wenn sie Eis besitzen, nach Thury's Bezeichnung statische Eishöhlen; Röhrenhöhlen jedoch, bei denen die in den Berg führende Röhre irgendwo ins Freie mündet, sind, wenn sie Eis enthalten, dynamische Eishöhlen und müssen dann unbedingt das untere Ende einer Windröhre sein oder doch in derselben der unteren Mündung sehr nahe liegen.

Verfasser betrachtet nun zunächst die eigentlichen Eishöhlen (die statischen Eishöhlen Thury's), d. h. solche, in denen zufolge ihrer abgeschlossenen Form regelmässig durchgehende Luftströme fehlen.

Zu Beginn der kalten Jahreszeit muss die äussere kalte Luft infolge ihrer grösseren Dichte in das Innere der Höhle einsinken und die wärmere Innenluft nach aufwärts drängen; solange das Gleichgewicht nicht von neuem hergestellt ist, dauert die Zirkulation der Luft fort und reicht um

so tiefer, je grösser der Unterschied in der Dichte der beiden Luftmassen ist. Nimmt dieser Unterschied immer mehr zu, so schreitet der Luftstrom mehr und mehr gegen die Sohle der Höhle zu, indem er eine immer grössere Luftmasse in die Bewegung hineinzieht. Schliesslich nimmt sämtliche Luft der Höhle an der Bewegung teil, und die Luft von unten wird mit grösserer oder geringerer Geschwindigkeit durch die von oben kommende verdrängt.

Durch diesen Luftstrom findet eine Mischung der äusseren und inneren Luft statt, die Luftschichten mit ihren verschiedenen Temperaturen und Dichten haben sich ausgeglichen, es tritt vielleicht allmählich Ruhe in der Grotte und durch sämtliche Schichten des Zuganges ein.

Dieser Gleichgewichtszustand ist jedoch jedenfalls von kurzer Dauer, da sich der Einfluss der Bodenwärme schon beim Einströmen geltend macht. Die Wände der Höhle, welche nicht dieselbe Temperatur besitzen, wie die sie umgebende Luft, geben an diese Wärme ab. Der neuen Erwärmung folgt nun eine neue Störung des Gleichgewichtes und damit auch ein neuer Einbruch der äusseren Luft. Und so wiederholt sich dieselbe Reihe der Erscheinungen in der gleichen Ordnung. Aber nicht bloss durch die Wärme der Felswände erhöht sich die Temperatur der Höhenluft, sondern auch durch das Gefrieren des Wassers. Indem nämlich die unter Null Grad abgekühlte Luftmasse über den mit einer Wasserschicht bedeckten Boden streicht, bringt sie das Wasser selbst zum Gefrieren; nimmt aber jene Wärmemenge in sich auf, welche beim Erstarren des Wassers frei wird. Dadurch wird der vorhandene Luftstrom verstärkt und wieder einer neuen Menge äusserer, kalter Luft die Möglichkeit des Einsinkens in die Höhle geboten.

Girardot und Trouillet nennen die kältere Jahreszeit, in welcher diese Luftströme in der Höhle auftreten, die »offene Periode« (periode ouverte) wegen des leichten Zutrittes, welchen zu dieser Zeit die Öffnung der Eishöhle der äusseren Luft gewährt. Und es giebt während dieser Zeit wohl wenig Tage, an denen nicht wenigstens ein Teil der Luft der Grotte durch kältere Luft ersetzt würde.

In der wärmeren Jahreszeit sinken die tiefsten Temperaturen der äusseren Luft nicht unter jene, welche in der Eishöhle herrscht, daher giebt es keine direkte und unmittelbare Kommunikation zwischen der äusseren Atmosphäre und jener in der Grotte. Diese Zeit nennen Girardot und Trouillet die »geschlossene Periode« (periode fermée). Allerdings wird auch während dieser Periode keine vollständige Stagnation der Höhlenluft eintreten, denn diese wird durch die Bodenwärme stets etwas erwärmt und daher bis zu einem gewissen Grade in Bewegung kommen; durch die Berührung mit dem in der Höhle befindlichen Eise und durch Auftauen desselben wird aber die bewegte Luft wieder abgekühlt, und es entsteht ein schwacher Kreisstrom, der sich so lange nicht bis zum Höhleneingange erstreckt, bis die innere Lufttemperatur der mittleren äusseren nahezu gleichkommt. Tritt aber dieser Moment ein, dann hat auch die Höhle aufgehört, eine Eishöhle zu sein, denn dann ist alles Eis der Höhle bereits abgeschmolzen. Auch im Eingange zur Höhle wird die Luft während der wärmeren Jahreszeit nicht stagnieren, sondern Luftdruck, Verdunstung, Winde werden auch hier einen Kreisstrom, jedoch von höherer Temperatur erzeugen. Solange diese beiden Kreisströme sich nicht zu einem Strome vereinigen, bewahrt die Eishöhle ihren Charakter als solche; wenn jedoch die Temperaturdifferenzen schwinden, ist auch das Eis aus der Höhle verschwunden.

Aus dem eben Gesagten ergiebt sich, dass das Eis so lange ausdauern wird, als die vorgenannten Kreisströme sich nicht vereinigen. Die Vereinigung dieser Ströme zu einem einzigen findet aber um so eher statt, je höher die Bodentemperatur, und je kleiner die vom Winter stammende Eis-

masse der Höhle ist. Und darin ist auch die Erscheinung der permanenten und der periodischen Eishöhlen begründet.

Die Hauptursache also, welche dem Ausdauern des Eises in der Höhle während der warmen Jahreszeit entgegen wirkt, ist die Bodenwärme. Diese steht aber wieder in unmittelbarem Zusammenhange mit der geographischen Breite und der Meereshöhe eines Ortes. Je geringer also die mittlere Temperatur des Punktes ist, an welchem sich die Eishöhle befindet, d. h. je grösser die geographische Breite, und je bedeutender die Erhebung des Ortes über die Meeresfläche, desto grösser ist die Möglichkeit der Bildung und Erhaltung des Eises in Höhlen.

Die Wirkung der Bodenwärme, welche man, ohne einen grossen Fehler zu machen, bei den meisten Eishöhlen der mittleren Jahrestemperatur der Luft der Umgebung gleichsetzen kann, ist eine sehr bedeutende.

»Das wichtigste Moment für die Eisbildungen einer Höhle ist das Tropfwasser. Je reichlicher dasselbe während der kalten Jahreszeit in der Höhle fliesst, desto mehr Eis bildet sich in derselben; je reichlicher es aber in der warmen Jahreszeit fällt, desto mehr Eis zerstört es. Das Wasser, welches durch die Spalten und Klüfte des Felsens sickert, nimmt die Temperatur desselben an, und wenn die Felsmasse, welche es durchwandern muss, dick genug ist, erhält es die mittlere Bodenwärme. In der Nähe der Decke der Höhle wird das Wasser allerdings wieder abgekühlt, da die Temperatur der Felswände der Höhle sowie der Decke offenbar von der Temperatur der Eisgrotte beeinflusst wird. Die Temperatur der Decke muss aber im Sommer jedenfalls höher sein als jene des Eisbodens; leider sind darüber direkte Messungen kaum zu erhalten. Doch giebt immerhin die Temperatur des Tropfwassers, wie es auf den Boden der Grotte gelangt, einigen Aufschluss darüber.

Die Wärme, welche die Decke der Höhle ausstrahlt, wirkt ebenfalls mit als Ursache des Abschmelzens des Eises; glänzende, spiegelnde Eisflächen reflektieren mehr und absorbieren weniger, dagegen Eisgrus, kristallinisches oder unreines, schmutziges Eis absorbiert mehr Wärme und reflektiert weniger. Durch die absorbierte Wärme wird wieder Eis zum Schmelzen gebracht.

Wenn direkte Sonnenstrahlen in das Innere der Höhle fallen, so wirken dieselben zwar kaum erwärmend auf die Luft, welche sie durchstreichen, jedoch bewirken sie eine Temperaturerhöhung des Bodens oder der Wände, welche sie treffen. Sie sind daher ein sehr wichtiger Faktor, welcher das Abschmelzen des Eises verursachen kann. Es gehört sohin zu den Hauptbedingungen der Existenz einer Eishöhle, dass der Eingang derselben möglichst beschattet sei, also entweder in einem Walde liege oder durch Felsstücke verdeckt werde oder endlich gegen Nord und Nordost gerichtet sei; befindet sich der Eingang zur Höhle am Grunde einer trichterförmigen Vertiefung des Bodens, so wird dadurch ebenfalls der Zutritt der Sonnenstrahlen erschwert.

Auch der Schneekegel, welcher sich in manchen Höhlen vom Eingange bis zur Eisfläche hinabzieht, bietet einigen Schutz gegen die Wirkung der Sonnenstrahlen, besonders wenn er, wie in einigen Höhlen, nicht mehr rein weiss, sondern mit allerlei Schmutz überzogen ist. Der Schneekegel absorbiert einen Teil der Wärme der Sonnenstrahlen, kommt an der Oberfläche zum Schmelzen und führt dann der Eisfläche der Höhle Wasser von Null Grad zu, welches beim Herabsinken allenfalls noch teilweise verdunstet und so Verdunstungskälte erzeugt.

Von Einfluss auf die Möglichkeit des Ausdauerns des Eises ist auch die Dicke der Decke der Höhle. Ist diese gering, so mag auch die Oberfläche der Überdachung der Höhle von Einfluss auf die Temperaturverhältnisse der letzteren sein. Ein mit Vegetation bedeckter Boden wird durch die Sonnenstrahlen weniger erwärmt, als nackter Fels- oder Sand-

boden; die an der Oberfläche stattfindende Verdunstung, welche platzgreifen muss, wo Vegetation auftritt, muss ebenfalls eine Ursache der geringeren Temperatur des Bodens sein: und so ist eine mit Vegetation bedeckte Überdachung der Höhle eine Ursache, welche der Erhaltung des Eises, wenigstens bei geringer Dicke der Decke, günstig ist. In ähnlicher Weise wie die Dicke der Decke ist auch die Dicke der Seitenwände, namentlich bei offenen Höhlen von Einfluss. Beträgt die Dicke der Decke dagegen 8 *m* und darüber, so ist ihre Einwirkung auf die Temperaturverhältnisse in der Höhle kaum von einiger Bedeutung.

Verfassers Psychrometerbeobachtungen in den Eishöhlen des Untersberges ergeben, dass die Luft in denselben stets mit Feuchtigkeit nahezu gesättigt ist.

Es wird daher das Eis oder Wasser in der Höhle zwar beständig verdunsten, jedoch nur in sehr beschränktem Masse. Aber auch diese geringe Verdunstung erzeugt Abkühlung. Die unmittelbar über dem Boden lagernde kälteste Luftschicht muss auf demselben verweilen, der Wasserdunst jedoch muss sich nach dem Gesetze der Diffusion der Gase im Raume der ganzen Höhle gleichmässig verteilen. Im Eingange, wo die Höhlenluft mit der äusseren in Berührung kommt, wird der Wasserdunst in die äussere Luft übergehen, falls diese trockener ist als die innere, und so kann auf dem Eisboden wieder neue Verdunstung stattfinden.

Durch die Verdunstung wird der Zustand der Luft in der Höhle wenig gestört. Eine Störung des Ruhezustandes der Luft wird vorzugsweise durch die bereits früher angeführten Ursachen, welche das Abschmelzen bewirken, herbeigeführt, nämlich durch die Wärme der Felswände und durch das Tropfwasser; dann aber auch durch warme Winde, welche in das Innere der Höhle von aussen bis zu einer gewissen Tiefe eintreten können. Auch aus diesem letzteren Grunde ist es wichtig für das Ausdauern des Eises, dass der Eingang der Höhle gegen Nord oder Nordost gelegen und möglichst geschützt sei.

Je grösser die Eisfläche ist, welche sich im Winter in einer Höhle gebildet hat, desto mehr Wärme ist zum Abschmelzen der Eismassen notwendig, desto grösser ist also auch die Wahrscheinlichkeit der Erhaltung derselben während der warmen Jahreszeit.

Über die Zeit der Eisbildung in den Höhlen existieren drei verschiedene Ansichten: die eine lässt das Eis noch von der Eiszeit herstammen, eine zweite glaubt an eine Eisbildung im Sommer, und endlich die dritte verweist dieselbe in die Zeit des Winters in dem eingangs angeführten erweiterten Sinne.

Dass das Eis der Eishöhlen nicht aus der Eiszeit stammt, ergiebt sich aus mehreren Thatsachen.

Die Grotte von Chaux-les-passavant, welche die am längsten bekannte ist, und deren schon im Jahre 1592 Erwähnung geschieht, wurde 1727 auf Veranlassung des Herzogs von Lévi, welcher die Armee im Lager von Saone kommandierte, vollständig ihres Eises beraubt, so dass sie schliesslich absolut frei von Eis war. Und im Jahre 1743 fand Cossigny nicht bloss den Boden der Höhle mit Eis bedeckt, sondern auch 13—14 Eiskegel von circa 2 *m* Höhe.

Der Eiskeller in der Mittagscharte auf dem Untersberge bei Salzburg wurde zuerst 1802 von Moll als Eishöhle mit massivem Eisboden beschrieben. Ludwig Zeller war anfangs der vierziger Jahre einmal im Eiskeller zu einer Zeit, in welcher sich weder Eis, noch Wasser in demselben befand, so dass er trockenen Fusses bis in den Hintergrund des Raumes auf Steinschutt gelangen konnte. Das Jahr vorher und das Jahr darauf hatte die Höhle ihren gewöhnlichen Eisboden.

Im Jahre 1845 wurde nach A. Leo ein Eisensteinbergbau am Eisenberg im Thüringer Walde, welcher seit 1660 auflässig geworden war, wieder in Angriff genommen, und daselbst entdeckte man in einem alten

Schachte eine bedeutende Eismasse, welche durch einige Jahre in fortwährender Zunahme begriffen war. Dieser sogenannte Eisschacht war offenbar bis zum Jahre 1660 eisfrei, sonst hätte man in demselben wohl kaum auf Eisen gebaut; es muss daher dieses Eis aus jüngerer Zeit stammen. Dasselbe gilt von den Eissammlungen in den Minen von Nordmarck und Kirobinskoy.

Ausserdem giebt es Eishöhlen, in denen regelmässig im August oder längstens September alles Eis geschmolzen ist, und welche dann im nächsten Frühjahre wieder frisches Eis enthalten; wie der Eiswinkel auf dem Untersberge, die Eislöcher am Tauernkogel des Tännengebirges, der Wasseraufschlag vor dem Roten Kogel am Sandling, das Taberloch bei Wiener-Neustadt, die Eishöhle am Hungerberge, jene am Dinivrh, die Eislöcher bei Frain, die Grotte am Zinkenstein und andere.

Alle diese Thatsachen beweisen, dass die Ursachen der Eisbildung auch jetzt noch vorhanden sind, und dass das Eis sich thatsächlich auch jetzt noch alljährlich bildet, daher es ganz überflüssig ist, auf so entfernte Zeit wie die Eiszeit zurückzugreifen.«

Um nachzuweisen, dass das Eis der Höhlen sich nicht im Sommer bildet, giebt Verfasser eine Zusammenstellung der Temperaturen, welche in den verschiedenen Eishöhlen beobachtet wurden.

Diese Zusammenstellung beweist, dass das Eis der Eishöhlen sich nicht im Sommer bilden kann, da es nun auch nicht aus der Eiszeit stammt, so muss man annehmen, dass es im Winter entsteht. Diese Theorie des Wintereises ist schon 1789 von Piérre Prévost in Genf und 1822 von J. N. Delic, 1861 von Thury und anderen aufgestellt worden.

Über Eishöhlen mit Luftströmen (dynamische Eishöhlen) bemerkt Prof. Fugger, dass diese nur an den unteren Mündungen von Windröhren auftreten können. »Der eintretende kalte Winterstrom begünstigt die Eisbildung in der Höhle ausserordentlich und führt auch noch reichlich Schnee in ihr Inneres. Zerstörend auf das im Winter gebildete Eis wirkt sodann der im Sommer von oben nach abwärts streichende Luftstrom, dessen Temperatur gleich jener des Bodens oder noch einige Grade unter derselben ist. Das Eis in einer derartigen Höhle wird daher um so länger dauern, je niedriger die Temperatur dieses Luftstromes ist, d. h. je höher über der Meeresfläche und in je grösserer Breite dieselbe liegt, und je mehr Feuchtigkeit die Röhre enthält. Je grösser die Höhle ist, und je grösser die Eismassen sind, welche sich in derselben während des Winters angesammelt haben, desto geringer wird die Wirkung des Sommerstromes in bezug auf das Abschmelzen des Eises sein. Zu den Eishöhlen mit Luftströmen gehört die Grand cave de Montarquis, welche in Prof. Thury aus Genf ihren würdigsten Monographen gefunden hat.

Statische Eishöhlen und Windröhren sind also zwei sehr verschiedene Erscheinungen. Die (statischen) Eishöhlen sind Höhlen oder Grotten im eigentlichen Sinne des Wortes mit einem einzigen Eingange, der aber höher liegt als ihre Sohle. Sind zwei oder gar mehr Eingänge vorhanden, so müssen diese in ziemlich gleicher Höhe liegen, so dass durch sie kein eigener Luftzug in der Höhle erzeugt wird. Die Windröhren aber sind röhrenförmige Gänge oder Spalten mit zwei an den Enden befindlichen Mundlöchern, von denen das eine höher, das andere tiefer liegt.

In der (statischen) Eishöhle herrscht im Winter ein fast beständiger Luftstrom, der darin besteht, dass die äussere Luft in die Tiefe der Höhle sinkt, während die Höhlenluft durch dieselbe Öffnung entweicht; in der Windröhre strömt die kalte Luft des Winters beim unteren Ende der Röhre hinein und streicht, nachdem sie die ganze Röhre durchzogen hat, erwärmt beim oberen Ende hinaus.

In der Eishöhle herrscht im Sommer wenig Bewegung in der Luft; in der Windröhre dagegen ist die Luftströmung auch im Sommer permanent

und streicht in entgegengesetzter Richtung, nämlich beim oberen Ende hinein und beim unteren Ende heraus

Darin aber haben beide Erscheinungen Ähnlichkeit, dass auch die Windröhre an ihrem unteren Ende grössere oder kleinere Eisansammlungen, die vom Winter herstammen, durch längere oder kürzere Zeit den Sommer über konservieren kann.

In der Eishöhle hält sich das Eis im Sommer mangels eines stärkeren Luftstromes, im unteren Ende der Windröhre oder in einer dynamischen Eishöhle hält es sich trotz des von innen kommenden Luftstromes.«

10. Flüsse.

Die Temperatur fliessender Gewässer Mitteleuropas bildet den Gegenstand einer grossen Monographie von Dr. Adolf E. Forster[1]). An Arbeiten dieser Art fehlt es noch sehr, und die vorliegende Untersuchung beschränkt sich, um ein abgerundetes Ganzes zu bilden, nur auf Mitteleuropa, hat aber für dieses Gebiet wohl fast das ganze über diesen Gegenstand bisher publizierte, sowie auch einiges noch nicht publizierte Beobachtungsmaterial verwertet. Das vorhandene Material erstreckt sich auf das Weichsel-, Oder-, Elbe-, Weser-, Rhein-, Donau-, Etsch-, Po-, Rhone-, Loire-, Seine- und Themsegebiet, endlich noch auf den südlichen Abfluss des Mälar in Stockholm. Das Material ist nicht homogen und im ganzen nicht reich, auch zeitlich sehr auseinander liegend. Um vergleichbare Zahlen zu erhalten, betrachtet Verf. den Unterschied zwischen den Monatsmitteln der Luft- und der Wassertemperatur, den er einfach als Temperaturunterschied bezeichnet. Nach den stündlichen Beobachtungen in der Loire zu Vendôme empfiehlt sich zur Vornahme einer täglichen Messung die Stunde 11^h vormittags, in welcher meist das Tagesmittel erreicht wird. Für zweimalige Messung passen von April bis September die Stunden $6^1/_2$—7^h vormittags und 3—$3^1/_2{}^h$ nachmittags; im Winterhalbjahre die Stunden $7^1/_2$—8^h vor- und 3^h nachmittags. Das Thermometer muss mindestens $^1/_4$ Stunde im Wasser bleiben, doch ist die Tiefe der Eintauchung gleichgültig, da die Temperatur fliessender Gewässer in verschiedenen Tiefen gleich ist. Die tägliche Schwankung der Wassertemperatur übersteigt im monatlichen Mittel nicht 2^0 C. Bei Gletscherflüssen ist das Wasser im Winter wohl wärmer als die umgebende Luft, im Sommer aber beträchtlich kälter, so dass seine Temperatur im Jahresmittel meist über 1^0 C. unter derjenigen der Luft bleibt. Im April und Oktober ist Luft- und Wassertemperatur der Gletscherflüsse meist nahezu gleich. Bis zu welcher Entfernung vom Gletscher die Temperaturerniedrigung eines fliessenden Gewässers durch die starke Zufuhr von Gletscherschmelzwässern im Sommer merkbar ist, geht aus den wenigen, darüber zur Verfügung stehenden Beobachtungsreihen nicht hervor. Während dieselbe bei der Sill in Innsbruck mit 42.5 *km* Entfernung,

[1]) Geogr. Abhandlungen von Prof. Penck. 4. Heft 4. Wien, Ed. Hitzel 1894.

bei der Etsch in Trient mit 147 *km* und bei der Rhone in St. Maurice mit 136 *km* deutlich zu erkennen ist, tritt sie beim Inn bei Rosenheim mit 298 *km* (der letzte Gletscherzufluss in 243 *km*) und beim Rheine, unmittelbar vor Einmündung in den Bodensee (159 *km*), weniger scharf hervor. Die Donau, welche in Wien durch ihr regelmässiges Sommerhochwasser als Alpengewässer entgegentritt, zeigt, wie dies aus der kurzen jährlichen Badesaison und der nicht allzu hohen Temperatur hervorgeht, auch dadurch ihre Abhängigkeit von den Gletschern der Alpen.

Flüsse, die im Mittelgebirge entspringen, sind während des Winterhalbjahres immer wärmer, im Sommerhalbjahre aber kälter als die Luft. Der Temperaturunterschied erreicht zumeist im Dezember und Januar einerseits, im Juli und August anderseits seine grössten Beträge. Die letzteren sind kleiner als die ersteren. Wird der jährliche Gang von Wasser- und Lufttemperatur für Stationen an Gebirgsflüssen graphisch dargestellt, so ergeben sich für beide Elemente je eine fast symmetrische Kurve mit dem oberen Scheitel im Juli bis August. Die Kurve der Lufttemperatur wird nach dem Gesagten naturgemäss steiler sein als die der Wassertemperatur, die Schnittpunkte weisen aber nicht für alle Stationen dieselbe gleichmässige Lage auf, wie bei den Gletscherflüssen. Der Gang des Temperaturunterschiedes zeigt für letztere und die Gebirgsflüsse grosse Ähnlichkeit, nur erreicht er bei diesen im Sommerhalbjahre geringere Beträge als bei den Gletscherflüssen. Es ist daher der Temperaturunterschied bei Gebirgsflüssen im Jahresmittel etwa 0°, manchmal etwas niedriger, manchmal etwas höher. Bei der raschen Veränderung der Quellentemperatur auf einer ganz kurzen Strecke wird auch der geschilderte Gang des Temperaturunterschiedes nicht sehr weit stromabwärts zu verfolgen sein.

Was den jährlichen Gang der Temperatur fliessender Gewässer in Mitteleuropa betrifft, so lässt sich eine grosse Übereinstimmung im Eintritte der grössten und der kleinsten Monatsmittel erkennen. »Jene fallen meist auf den Juli, diese meist auf den Januar. Es zeigt sich hierin der enge Zusammenhang zwischen Wasser- und Lufttemperatur, bezw. die Abhängigkeit beider von der Sonnenwärme. Der Eintritt der höchsten und niedrigsten Monatsmittel fällt für die Luft- und Wassertemperatur meistens, im langjährigen Mittel aber immer zusammen. Mehrfach wird das grösste Monatsmittel im August, seltener auch im Juni erreicht.

Die Veränderlichkeit der Temperatur fliessender Gewässer in Mitteleuropa zeigt einen deutlich ausgesprochenen jährlichen Gang mit dem Maximum im Sommer und dem Minimum im Winter. Hierin liegt ein wesentlicher Unterschied gegen den jährlichen Gang der Veränderlichkeit der Lufttemperatur, welcher in Mitteleuropa nach Hann im Jahre zwei Maxima zur Zeit der jährlichen Extreme der Lufttemperatur aufweist, wobei das Wintermaximum sogar zum Hauptmaximum wird. Dies abweichende Verhalten im Winter ist bei der

Wassertemperatur nichts befremdliches. Während die Lufttemperatur bei Erreichung von Temperaturen um 0° und unter 0° eine starke Veränderlichkeit zeigt, vermag die Wassertemperatur ihr nicht unter 0° zu folgen. Da ferner die Bestrahlung durch die Sonne im Winter viel geringeren Einfluss auf die Flusstemperatur hat, die Lufttemperatur zum Teile ohne Wirkung auf dieselbe ist, so besitzt die Flusstemperatur im Winter eine ziemliche Gleichmässigkeit, die sich auch darin äussert, dass im Winter die tägliche Schwankung der Lufttemperaturen bedeutend kleiner ist, als im Sommer. Der Zusammenhang zwischen der Lufttemperatur und der Temperatur fliessender Gewässer, bezw. die Abhängigkeit beider von der Sonnenwärme, ist auch in der Veränderlichkeit beider Temperaturen zu erkennen, da ebenso wie bei der Luft auch bei den fliessenden Gewässern die Veränderlichkeit der Temperatur mit der Kontinentalität zunimmt.

Das Verhalten der Temperatur fliessender Gewässer bei der Eisbildung wird vom Verf. besonders untersucht, doch sind die Beobachtungen spärlich. Um die Eisbildung zu ermöglichen, muss die Wassertemperatur auf 0.0° gesunken sein. »Dies geschieht dann, wenn die Lufttemperatur im Tagesmittel niedriger ist, als die des Wassers, besonders aber wird die Abkühlung des Wassers gefördert, wenn die Temperatur der Luft den ganzen Tag hindurch niedriger als 0.0° ist, dem Wasser daher fortwährend Wärme entzieht. Es kommt daher auf die Temperatur an, welche das Wasser zu der Zeit besitzt, in welcher die Lufttemperatur unter 0.0° gesunken ist. Ist sie hoch, so wird eine strengere Kälte notwendig sein, um sie auf 0.0° zu bringen, als wenn sie diesem Punkte schon genähert ist. Die Summe der sogen. Kältegrade, d. h. die Summe der negativen Tagesmittel der Lufttemperatur bis zum Beginne der Eisbildung ist daher nicht immer gleich, und Treibeisprognosen auf Grund derselben sind daher nur wenig zuverlässig. Ist die Temperatur des Wassers nahe auf 0.0° gebracht, so scheint erst ein scharfes Frostwetter notwendig zu sein, um zur Eisbildung den Anstoss zu geben.“

Tägliche Veränderung der Temperatur des Flusswassers. Dr. Guppy hat an der Themse Beobachtungen hierüber angestellt und deren Ergebnisse ebenso wie diejenigen anderer Beobachter einer genauen Untersuchung unterzogen. Die Beobachtungen an der Themse wurden zwischen Teddington und Walton-Bridge angestellt. Hiernach variiert vom Mai bis zum September der Unterschied der Wassertemperatur am Grunde und an der Oberfläche des Flusses zwischen 0.56° und 0.83° C., doch beträgt er bei bedecktem Himmel nur 0.3°. Dieser Unterschied trat in dem Grade deutlicher hervor, als das Wasser wärmer war, und verschwindet abends ganz. Morgens nimmt die Wasserwärme gewöhnlich zu, besonders an der Oberfläche, aber in dem Masse, als der Tag vorrückt, steigt die Temperatur des Wassers auch am Flussboden, und gegen 8 oder 9 Uhr abends ist

der Unterschied oben und unten sehr gering. Im Winter sind die Temperaturunterschiede in allen Tiefen äusserst gering. Bei kleineren Flüssen von weniger rascher Strömung als die Themse ist der Temperaturunterschied in den verschiedenen Tiefen mehr ausgeprägt. Das Temperaturminimum des Themsewassers zeigt sich bei Sonnenaufgang und in den beiden folgenden Stunden, das Maximum tritt ein zwischen 4 und 6 Uhr nachmittags und erhält sich im Sommer bis gegen $7^1/_2$ oder $8^1/_2$ Uhr abends. Im Winter findet es sich schon 2 Uhr nachmittags; im Frühlinge und Herbste um 4 Uhr[1]).

Die Zusammensetzung der Wässer der Dranse (Chablais) und der Rhone beim Eintritte in den Genfer See. Ersterer Fluss erhält keine Zufuhr von Gletschern, die Rhone bezieht dagegen etwa $^1/_5$ aus dem Gletschergebiete. Dr. Delebecque bemerkt, dass die im Wasser der Dranse gelösten Stoffe zwei Maxima (im Winter und Sommer) und zwei Minima (im Frühlinge und Herbste) zeigen, letztere durch das Schmelzen des Schnees (Frühschnee im Herbste) veranlasst. Der Gehalt pro Liter war 0.35 im Winter, 0.18 im Frühlinge, 0.30 im Sommer und 0.25 im Herbste. Die Rhone zeigt eine grössere Gleichmässigkeit in der Menge der gelösten Bestandteile. Im Mittel enthielt sie pro Liter in Grammen:

Januar	0.332	April	0.215	Juli	0.104	Oktober	0.186
Februar	0.326	Mai	0.180	August	0.099	November	0.247
März	0.319	Juni	0.132	September	0.117	Dezember	0.285

Die Abhängigkeit der Wassermenge von der Gletscherschmelze wird dadurch erwiesen, dass nur ein Maximum (im Winter) und ein Minimum (im Sommer) auftritt. Im Winter überwiegen die Sulfate, weil Gips im Unterlaufe der Rhone, wo im Winter allein nur nennenswerte Wasserzufuhr stattfindet, ansteht; im Sommer dagegen steigen die Alkalien, die den Feldspatgesteinen der Flussgehänge im Oberlaufe entstammen. Delebecque berechnet die jährliche Zufuhr an gelösten Stoffen, welche die Rhone dem Genfer See spendet, auf 750000 Tonnen und diejenigen aus sämtlichen Zuflüssen auf 1150000 Tonnen[2]).

Die Thalbildung der Flüsse wird in einer Studie von Opel behandelt[3]). Derselbe findet, dass die natürliche Querprofilfigur der Flüsse nahezu parabolisch ist, und ferner, dass jeder Strom sich ein Längenprofil nach gesetzmässiger Kurve bildet mit abwärts abnehmendem Gefälle. Die Gefällkurve ist weniger abhängig von ein- oder ausfliessenden Seitenläufen, wesentlich jedoch von der Bodenformation.

---

[1]) Scottish Geographical Magazine 1894. May.
[2]) Compt. rend. **118.** p. 36—37.
[3]) Opel, Studie, die sachgemässe Behandlung des Flussbettes betreffend. Berlin 1893.

Das Rheinthal zwischen Bingen und Coblenz wurde von Prof. Holzapfel während sechsjähriger Arbeiten zum Zwecke geologischer Aufnahmen untersucht. Die Ergebnisse dieser Arbeit sind in den Abhandlungen der Königl. Preuss. geologischen Landesanstalt [1]) veröffentlicht.

Das Rheinthal zwischen Nahe und Lahn ist im allgemeinen tief eingefurcht und enge, die Gehänge sind steil, senkrechte Abstürze häufig, die Höhen der Thalränder schwanken zwischen 100 und 500 *m*.

»An den Thalrändern treten mit ganz vereinzelten Ausnahmen die stark gefalteten, meistens ein südliches Einfallen und normales Streichen zeigenden Schichten des Untergrundes hervor; auf den Höhen, besonders auf den Plateaus, sind dieselben von diluvialen, seltener von tertiären Ablagerungen verhüllt. Die Untergrundschichten gehören dem Unterdevon an — mit Ausnahme eines Punktes bei Bingerbrück —, und dieses ist mit allen seinen Abteilungen in reicher Entwickelungsweise vertreten. Das Rheinthal bietet so ein zusammenhängendes und ausgezeichnetes Profil durch das gesamte Unterdevon, wie es in ähnlicher Weise im ganzen Rheinischen Gebirge nicht wieder vorhanden ist. Die ältesten Schichten liegen im S, und im allgemeinen kommt man beim Fortschreiten nach N in jüngere Schichten. Das Studium dieses Profils ist freilich in erheblicher Weise erschwert durch die Höhe und Steilheit der Thalränder, welche an manchen Stellen vollständig ungangbar sind.«

»Das ganze Profil wird zweckmässig in vier Abschnitte zerlegt, welche sich topographisch voneinander scharf unterscheiden und geologisch den auftretenden einzelnen, wenn auch nicht gleichwertigen Abteilungen des Unterdevon entsprechen. Diese vier Abschnitte sind:

1. Von der Mündung der Nahe bis nach Niederheimbach, bezw. Lorch (Gebiet der Taunusphyllite und Quarzite).
2. Von Lorch [Niederheimbach] bis nach Oberwesel [bis zum Rossstein] (Gebiet der Hunsrückschiefer).
3. Von Oberwesel bis Boppard (Gebiet der unteren Coblenzschichten).
4. Von Boppard bis zur Mündung der Lahn (Gebiet der oberen Coblenzschichten und des Coblenzquarzites).«

Sehr interessant ist der Nachweis, den Professor Holzapfel für den Zusammenhang der äusseren Physiognomie mit dem inneren Gebirgsbaue bringt, »so dass man an dem landschaftlichen Bilde vielfach schon erkennen kann, in welchem der Abschnitte man sich befindet.« Dazu kommen die ausgezeichneten Betrachtungen über die Güte der landwirtschaftlichen Produkte, besonders des Weines, im Verhältnisse zu dem Gesteine, dessen Trümmer den Boden bilden.

»Innerhalb des südlichsten Teiles, in dem der Taunusquarzit die Gestaltung des Geländes bedingt, ist das Rheinthal nur an der scharfen Umbiegung zwischen Rüdesheim und Assmannshausen als enge zu bezeichnen. Die vielgenannten Schwierigkeiten, welche das Binger Loch der Schiffahrt bereitet, sind nicht darin begründet, dass der Fluss selbst besonders stark eingeengt wäre, sondern darin, dass einzelne, besonders harte Gesteinsbänke quer durch den Strom setzen und riffartig von der Sohle des Flussbettes aufragen.

Reisende, welche viel von dem Binger Loche gelesen und gehört haben, sind daher bei der Durchfahrt vielfach enttäuscht, um so mehr, als die meisten dieser Gesteinsklippen, soweit sie nicht durch Sprengung beseitigt sind, bei mittlerem Wasserstande nicht über den Spiegel des Flusses hervorragen. Jedenfalls ist die Einengung des Thales weiter abwärts in

---

[1]) Abhdl. d. k. preuss. geol. Landesanstalt. Neue Folge, Heft 15. Das Rheinthal von Bingerbrück bis Lahnstein.

dem dritten Abschnitte, besonders in der Umgebung von St. Goar, eine stärkere.

Das Gebiet ist vielfach gegliedert und besteht aus breitgerundeten Kuppen, welche bedeutende Höhen erreichen und am Rheinthale nur in den tieferen Teilen steil abstürzen. Die Gliederung wird wesentlich bedingt durch den Quarzit durchstossende Schiefersättel, deren mildes Gestein der Erosion weniger Widerstand entgegensetzte. Da die Schiefersättel das Rheinthal durchqueren, so entsprechen sich die Nebenthäler auf beiden Seiten des Rheines.

Die Quarzitberge sind durchweg gut bewaldet, auf dem linken Ufer steigt der Wald, wenn auch nur in der Form niederen Gestrüppes bis in die Thalsohle herunter, während er rechts auf die höheren Teile beschränkt ist, und der übrige, nicht von Gesteinsklippen und Rosseln eingenommene Teil, sowie die Nordabhänge der Seitenthäler mit Weinbergen bepflanzt sind, deren Produkte sich gerade innerhalb der Zone der Phyllite und Quarzite durch Güte auszeichnen. Ausserhalb des Mainzer Beckens, auf dessen Nordrande der obere und mittlere Rheingau liegen, bringt kein Teil des Rheines Weine von der Güte hervor, wie der südlichste Abschnitt des hier besprochenen Gebietes, und ist es neben der Lage und Pflege der Pflanzungen die Beschaffenheit des Untergrundes, die dies bewirkt. Es besteht der Rüdesheimer Berg vorwiegend aus Taunusquarzit, die tieferen Teile aus bunten Phylliten. Der beste Assmannshäuser Rotwein wächst auf buntem Phyllite, und der vortreffliche Bodenthaler, der sich von den dicht dabei und unter gleichen Bedingungen, aber auf Hunsrückschiefer wachsenden Lorcher Weinen, selbst denen von der Pfaffenwies, vorteilhaft unterscheidet, wächst auf Taunusquarzit und buntem Phyllite. Dabei soll sich kein Unterschied dieser beiden Gesteinsarten im Einflusse auf die Güte des Weines bemerkbar machen. Im mittleren Rheingaue wachsen die ausgezeichnetsten Weine auf tertiären Schichten und auf den sericitreichen Taunusgesteinen, daneben wie im Rheinthale auf Quarzit und Phyllit.«

In dem zweiten, ausschliesslich aus Hunsrückschiefern zusammengesetzten Abschnitte (Lorch—Oberwesel) erweitern sich Thal und Fluss nicht unerheblich, so dass der Rhein oberhalb Lorch seine grösste Breite (650 *m*) zwischen Bingen und Lahnstein erreicht. Das Thal verläuft fast geradlinig, die Ufer sind mit mächtigen älteren Flussalluvionen bis zu beträchtlichen Höhen hinauf bedeckt, und bei dem geringen Gefälle konnten sich im Strombette zwei, ausschliesslich aus Geröllen von Taunusquarzit bestehende Inseln, die grosse und die kleine Aue, bei Lorch bilden. Die Thalgehänge sind flacher geböscht und niedriger. Von ihren Rändern breitet sich ein flachwelliges, wenig gegliedertes Hochland aus.

Das durchgehends sehr feine und ausgezeichnet geschieferte Gestein eignet sich in manchen, gewöhnlich in Lagerzügen auftretenden Lagen zur Gewinnung von Dachschiefer, so dass dort, wie in der Gegend von Caub, ein lebhafter Bergbau darauf umgeht.

»Innerhalb der Hunsrückschieferzone ist das rechtsseitige Gehänge bis zu grossen Höhen hinauf mit Weinbergen bepflanzt, ebenso die Nordränder der Seitenthäler auf beiden Ufern. Und wenn auch die Erzeugnisse dieser Weinberge sich mit denen der südlicheren Quarzitzone nicht messen können, so geniessen sie doch einen verdienten Ruf, besonders als leichtere Weine, die vielfach einen ausgesprochenen Schiefergeschmack besitzen. Von rechtsrheinischen Gewächsen entstammen der Hunsrückschieferzone die Weine von Lorch und Caub, linksrheinisch, in Seitenthälern wachsen auf Hunsrückschiefer der Heimbacher, der Mannbacher, der Bacharacher und vor allem der Steeger und Engehöller, zwei vortreffliche Rieslingweine.«

Bei Oberwesel beginnt der dritte Abschnitt, in welchem untere Coblenzschichten den Untergrund bilden. Dieselben bestehen aus einem bunten Wechsel verschiedenartiger Gesteine: weicher und harter Schiefer

Grauwacken und Quarzite, und diesem Wechsel entsprechend zeigt das Thal in dem Gebiete der unteren Coblenzschichten die meisten und schärfsten Krümmungen und die grössten Einengungen. An der Lurley hat der Rhein die geringste Breite zwischen Bingen und Lahnstein. Dieselbe beträgt 170 *m*. Die Böschungen der Abhänge sind steil, innerhalb des ganzen hier besprochenen Teiles des Rheinthales am steilsten, und mächtige Felspartien reichen manchmal von der Thalsohle bis an den oberen Thalrand und bilden senkrechte Abstürze.« Nur wo weiche Schiefer vorherrschen (Salzig—Boppard) hat das Thal die Physiognomie des zweiten Abschnittes. Das sich von den Thalrändern ausbreitende Gelände ist dem der Hunsrückschieferzone ähnlich. In dem ungewöhnlich flachen Hochlande liegt das vielfach gewundene Rheinthal tief eingefurcht. Erst in einiger Entfernung vom Rheine wird die Hochfläche wellig und durch höhere Quarzitzüge in seiner Einförmigkeit unterbrochen.

Das Gebiet ist reich an Einlagerungen echter Schichtgesteine bildenden Porphyroiden, lagerförmigen Ergusssteinen (Diabas) und gangförmigem Diabase, zu welchem Professor Holzapfel auch das sogenannte weisse Gebirge stellt. Ferner setzen hier die wichtigen Erzgänge von Wellmich, Ehrenthal und Werlau auf.

»Die Bewachsung der Thalgehänge innerhalb der unteren Coblenzschichten ist im südlichen Teile eine geringe. Dürftiges Gestrüpp findet sich zwischen den felsigen Partien des Abhanges, und die Weinberge liegen, wo sie vorhanden sind, in kleinen Terrassen steil übereinander und bringen einen leichten, geringwertigen, säuerlichen Wein hervor, der in nichts mehr an die edlen Gewächse des Rheingaues erinnert. Der Grund hierfür liegt nicht allein an der Beschaffenheit des Untergrundes, sondern auch daran, dass die Rieslingtraube in diesen Gebieten nicht mehr oder nur wenig gebaut wird. Weiter nördlich, von Salzig an abwärts, ziehen sich auf der linken Thalseite Feldfluren an dem flachen Gehänge in die Höhe, und auf der rechten Seite wird namentlich bei Camp ein recht guter Rotwein auf dem weichen Schiefer gezogen. Von grösserer Bedeutung aber ist für diese Gegend die Obstzucht, vor allem die von Kirschen und Aprikosen, welche hier vortrefflich gedeihen. Man erhält einen grossartigen Eindruck von dem Obstbaue von Salzig und Camp, wenn man im Frühjahre zur Blütezeit die Gegend von einer Höhe aus überblickt. Dieselbe gleicht dann in ihrem weissen Blütenschmucke fast einer beschneiten Winterlandschaft.«

Der vierte Abschnitt (Boppard — Lahnstein) besteht aus den quarzitreichen oberen Coblenzschichten. »Die Quarzitzüge dieses Gebietes sind weniger mächtig und weniger geschlossen als die des ersten Abschnittes und bilden daher auch nicht solche sich weithin ziehenden Gebirgsketten, wie im Gebiete des Taunusquarzites. Nördlich der Lahnmündung, also bereits ausserhalb des hier in Betracht kommenden Gebietes, erreicht allerdings ein Zug dieses jüngeren Quarzites, welcher über den Kühkopf streicht, eine erhebliche Mächtigkeit und Höhe... Die Gliederung der Thalränder ist eine so weitgehende, wie in keinem der früheren Abschnitte; zahlreiche, oft nur kleine Wasserläufe haben ihr Bett in die zwischen den Quarziten liegenden Schiefer eingegraben oder fliessen in Querthälern, die ihren Ursprung dem Vorhandensein von Verwerfungsspalten verdanken. In keinem der drei anderen Abschnitte sind Querthäler in solcher Anzahl vorhanden, als hier.« Die starke Gliederung setzt sich von den Thalrändern aus fort, so dass der Rhein hier im Gegensatze zu den zwei südlicher gelegenen Abschnitten keine Hochfläche mehr, sondern eine gebirgige Gegend durchfliesst. In diesem Gebiete treten einige, bereits lange bekannte Diabasvorkommen auf, welche wahrscheinlich lagerförmig ergossen sind.

Die Landschaft ist mit Waldungen bedeckt, welche nur an wenigen Stellen bis in die Sohle des Rheinthales herunterreichen, »an anderen steigen Wiesenflächen, meist mit Obstbäumen bepflanzt, am Gehänge in die Höhe,

und ausserdem finden sich Weinberge und Feldfluren. Es ist so auch hinsichtlich der Benutzung des Bodens eine weit geringere Einheitlichkeit vorhanden, wie in den stromaufwärts gelegenen Abschnitten. Von den landwirtschaftlichen Erzeugnissen des Rheinthales selbst steht indessen auch hier der Wein in erster Linie. Abgesehen von dem Bopparder Ham, welcher auf den Schiefern der oberen Coblenzschichten am Nordrande der grossen Thalschleife zwischen Boppard und Oberspay wächst, der an die besseren Gewächse der weiter stromaufwärts gelegenen Gebiete erinnert und noch deutlichen Rheinweincharakter zeigt, sind die Erzeugnisse der Weinberge geringwertige, aber angenehme Weine, welche sich den Produkten der unteren Mosel anschliessen und, soweit sie in den Handel kommen, auch vielfach als Moselweine verkauft werden.

In geringer Entfernung nördlich von der Lahnmündung treten die Höhen von den Flussufern zurück, zuerst auf dem linken Ufer bei Coblenz, dann bei Vallendar auf der gegenüberliegenden Seite. Der Rhein tritt in das weite Neuwieder Becken ein.

Die charakteristischen Formen des Rheinthales in den einzelnen Abschnitten sind in dem bezeichneten Werke in Lichtdrucktafeln nach ausgezeichneten Photogrammen wiedergegeben, welche Professor Holzapfel in tadelloser Güte selbst hergestellt hat.

Zur Tertiärzeit war der grösste Teil des Schiefergebirges vom Meere bedeckt, an dessen Boden sich Sand und Kies ansammelten. Die Thäler, also auch das Rheinthal, wie es heute ist, waren noch nicht, nur die Einsenkungen des Mainzer, Limburger und Marienfelser Beckens. Diese blieben noch geraume Zeit mit Wasser gefüllt, als das Meer sich zurückzog, und konnten je nach der Tiefe und der Dauer der Wasserbedeckung weitere Absätze aufnehmen, während die Absätze der Höhen zum grössten Teile wieder abgewaschen wurden.

Die Frage nach der Entstehung des Rheinthals zwischen Bingen und Coblenz ist nicht einheitlich zu beantworten.

In den südlichen Teilen (Gebiete der Taunusquarzite und der Hunsrückschiefer) scheint das im ganzen ziemlich geradlinig verlaufende Thal in gewissem Sinne als Spaltenthal aufzufassen zu sein. Direkte Beweise sind dafür nicht vorhanden, zumal die von Rothpletz im Gebiete des Taunusquarzites angegebenen Störungen, welche dafür sprechen könnten, von Professor Holzapfel nur zum Teile bestätigt werden konnten. Auch die Thatsache, dass oberhalb Lorch die Hunsrückschiefer auf der rechten Rheinseite weiter südlich greifen als auf der linken, lässt nicht ohne weiteres die Annahme einer Querstörung an dieser Stelle zu. Anderseits kann die Einförmigkeit des Gesteins daran Schuld sein, dass sich Verwerfungen dem Auge entziehen. Immerhin ist es besonders bei dem eigentümlichen Verhalten des Rheines, den Taunusquarzit gerade an dessen breitester Stelle zu durchqueren, nicht unwahrscheinlich, dass Beweise für ein richtiges Spaltenthal noch gefunden werden, namentlich wenn die noch ausstehende geologische Aufnahme des linksrheinischen Gebietes erfolgt. Inzwischen scheint, nach Professor Holzapfel, Lossen's Ansicht annehmbar zu sein, wonach nur in dem Sinne ein Spaltenthal vorliegt, als »die an der Oberfläche aufgerissenen, im geschlossenen Gesteine potentiel vorhandenen Haarspalten« der Verwitterung die besten Angriffspunkte boten, mithin als Ursache der ersten Thalbildung aufzufassen sind. Für Zerknickung, Zerbiegung und Zerbröckelung des Gebirges in der Thalrichtung spricht das Verhalten der Sättel im Gebiete des Taunusquarzites, welche am rechten und am linken Ufer ganz verschiedene Grössenabmessungen zeigen.

Im Gebiete der unteren Coblenzschichten, wo schon die zahlreichen und scharfen Krümmungen, die das Rheinthal macht, auf ein Erosionsthal hinweisen, ist eine Verschiebung der Schichten an den beiden Ufern nicht zu beobachten. Indessen verläuft auf der nassauischen Seite mehrere

Kilometer vom Rheine entfernt eine sehr wichtige, im Prinzipe dem Rheine parallel streichende, bedeutende Verwerfungslinie. Bis hierher ist das Gelände eben und reichlich mit Löss und altem Rheinkiese bedeckt, dahinter steigen ansehnliche Berge auf. Auf der anderen Seite des Rheines wiederholt sich dasselbe, doch konnte hier bisher keine Verwerfungslinie festgestellt werden. Aus der Verbreitung des Lösses, welcher diluviale Absätze des Rheines darstellt, und der alten Flussgerölle hat Grebe mit Recht geschlossen, dass die zu beiden Seiten des Rheinthals liegenden Terrassen dem alten Rheinbette angehören. Nach Professor Holzapfel's Untersuchungen ist dieses alte Rheinbett als ein echtes Spaltenthal aufzufassen, und zwar von ansehnlicher Breite. Erst in jüngerer Zeit hat der Strom sein jetziges Erosionsthal auf dem Grunde seines alten Bettes ausgehöhlt.

Schliesslich im Gebiete der oberen Coblenzschichten fliesst der Rhein, nachdem er zwischen Boppard und Braubach seine Richtung völlig geändert hatte, in der alten Richtung in einem ausgezeichnet deutlichen Spaltenthale. Zahlreiche kohlensäurereiche Mineralquellen entspringen den Störungen.

Es haben sich also, nach Professor Holzapfel, »in einigen Teilen des Rheinthales zwischen Bingen und Lahnstein deutliche Beweise gefunden, dass es ein Spaltenthal ist, in anderen haben sich dagegen keine Belege für eine solche Entstehung beibringen lassen, und wieder an anderen Punkten stellt sich wenigstens das heutige Thal als ausgesprochenes Erosionsthal dar.«

Die westliche Dwina hat eine monographische Bearbeitung durch A. Sapunow gefunden[1]). Früher nahm man an, dass die Dwina aus dem See Ochwat-Shalene komme; jetzt aber ist als ihr Ursprung der kleine, 4 *km* im Umfange habende, inmitten von Wäldern und Sümpfen in einer Höhe von 240 *m* liegende See Dwina oder Dwinza festgestellt, etwa 13 Werst (14 *km*) in der Luftlinie von den Quellen der Wolga entfernt. Die allgemeine Richtung ihres Laufes ist von O nach W. Anfangs in südlicher Richtung fliessend, erreicht sie den südlichsten Punkt bei Bieschenkowitschi, wendet sich dann nach NW und behält diese Richtung in der Hauptsache bis zu ihrer Mündung bei. Ihre Länge wird verschieden angenommen von 850—1100 *km*; Verf. bestimmt sie auf 970 *km*. Ihr Flussgebiet umfasst 85399 *qkm*. Bei Witebsk ist der Fluss im Sommer nicht über 107 *m* breit, in Polozk bei mittlerem Wasserstande 256 *m*, an der Mündung 789 *m*. Der Strom bewegt in der Sekunde bei Witebsk 64 *cbm*, unweit Dissna 119 *cbm*; oberhalb Dünaburg 144 *cbm*, bei Jakobstadt fast 153 *cbm*, bei Friedrichstadt 179 *cbm*, bei Kurtenhof fast 194 *cbm*. Die Dwina geht im Durchschnitte auf am 12. April, friert zu: am 2. Dezember bei Witebsk, 9. April bis 1. Dezember bei Polozk, 3. April bis 5. Dezember bei Dünaburg, 7. April bis 29. November bei Riga. Die Dauer der Schiffahrt bei Witebsk beträgt im Durchschnitte 219 Tage, die längste 276 Tage.

---

[1]) (russisch) Witebsk 1893. Referat in Petermann's Mitt. 1894. **40.** p. 84, dem die Angaben im Texte entlehnt sind.

Das Delta des Nil ist von Jankó besucht und geschildert worden[1]), wobei derselbe durch Benutzung des gesamten in der Litteratur ausserdem vorhandenen Materials eine sehr wertvolle Monographie liefert.

Die Fläche des Nildeltas umfasst bei einer Länge von 171 *km* und einer Breite von 208 *km* 2219400 *ha*, ist also fast 9mal so gross als das Donaudelta, aber nur etwas über ein Viertel vom Delta des Mississippi. Das Austreten des Nilwassers ist die Hauptnaturerscheinung im Jahreskreislaufe für dieses Delta. Die Überschwemmungen des Nil werden namentlich durch die Pünktlichkeit segensreich, mit der dieselben beginnen, und auf die der Fellah mit Gewissheit rechnen kann, so dass er sich seine Feldarbeiten hiernach einteilen kann. Fast immer beginnt das Steigen des Nil am 10. Juni; zuerst kommt schmutziges, grünliches Wasser, das aus den grossen oberen Seen des Nil stammt; zu dieser Zeit ist das Wachsen der Flut noch kaum erkennbar; Mitte Juli ist die Flut schon rasch, und an der Oberfläche des Wassers erscheinen »rote« Flecke, vom Wasser der Bergbäche Äthiopiens; öfters unterbricht das Steigen des Wassers ein kleines Fallen; die Ursache desselben liegt darin, dass der Blaue Nil und der Atbara nicht zur selben Zeit anschwellen. Ende August ist das Steigen des Wassers überall komplett, doch bis zum 7. Oktober hebt sich die Flut noch langsam, an welchem Tage sie ihren Höhepunkt erreicht. In dieser Zeit herrscht in ganz Unterägypten eine fieberische Aufregung; in Kairo werden die am Nilometer angestellten Beobachtungen täglich dreimal publiziert, und die Fellahs harren aufmerksam des Zeichens, das ihnen das Durchbrechen ihrer Dämme gestattet, um ihr kleines Stück Land überfluten lassen zu können. Vom 7. Oktober bis zum 10. Juni, dem Beginne der neuen Flut, sinkt das Wasser des Nil regelmässig und konstant. In den drei Monaten des höchsten Wasserstandes beträgt die Wassermenge des Nil nicht weniger als 120 Milliarden *cbm*, wovon dreiviertel Teile, d. i. 90 Milliarden *cbm*, ins Meer gelangen. Die Höhe der Flut ist selbstverständlich, von den Wasserfällen gerechnet, immer geringer; während zwischen dem Hochwasser und kleinen Wasserstande der Unterschied bei Assuan 16 bis 17 *m* beträgt, erreicht er bei Kairo kaum 10 *m* und in den Nilarmen von Damiette und Rosette nur 1 *m*. Das Hochwasser ist übrigens veränderlich, schwankt aber um einen ziemlich konstanten Mittelwert. Die grössten Unterschiede wurden zur Zeit der französischen Okkupation beobachtet, im Jahre 1799, als der höchste Wasserstand bei Kairo 6.857 *m* betrug, und 1800, wo derselbe 7.961 *m* Höhe erreichte. Auf Grund einiger alten Texte wollte man beweisen, dass die Inundationen im Laufe der Jahrhunderte sich bedeutend verändert hätten, jedoch sind die diesbezüglichen Daten sehr ungewiss, und es ist überdies erwiesen, dass seit dem 8. Jahrhunderte n. Chr. im Auftreten der Überschwemmungen keinerlei wesentliche Veränderungen zu verzeichnen sind, und dass als mittlere Höhe 7.419 *m* betrachtet werden kann, was an der westlichen Wassermessungssäule 13 Ellen und 7 Zoll, am Nilometer bei Elefantine 14 Ellen beträgt. Die auf das Steigen Bezug habenden Beobachtungen werden im Delta bei Kairo am Nilometer der Insel Rhoda vorgenommen. Gelangt die Flut des Weissen und Blauen Nil ungefähr in derselben Zeit oder nur ein bis zwei Tage später hinab, so kann sich der Fellah einer guten Ernte freuen, denn das Wasser erreicht nur in diesem Falle die nötige Höhe von 7.5 bis 8 *m*. Erreicht jedoch das Steigen des Blauen Nil sein Maximum schon früher, oder ist seine Höhe ausserordentlich gross, so erreicht das frühe Abfliessen des Blauen Nil ohne die Gewässer des Weissen Nil bei Kairo nicht die erforderliche Höhe, und dann giebt es im Delta eine schlechte Ernte. Ist es hingegen umgekehrt, so leidet das Delta wieder

---

[1]) Jahrbuch der Kgl. Ungar. Geolog. Anstalt **8**, Heft 9.

wegen Wasserüberfluss. Der Nil verbleibt ca. 62 Tage (vom 27. August bis zum 27. Oktober) in der grössten Wasserhöhe, und die Amplitude der Maximalhöhen beträgt 2 65 *m*.

Der Nil führt nicht so viel Wasser nach Kairo, als seinem Wassergebiete und seiner Länge entspricht; die Ursache hiervon liegt darin, dass er zahlreiche Seitenbecken speist, in seinem Oberlaufe grosse Sumpfgegenden mit Wasser versieht und, was besonders wichtig ist, die ausserordentlich trockene und heisse Region der Sahara durchfliesst, wo er nicht nur durch Verdunstung viel verliert, sondern auch dem durstigen Boden einen grossen Teil seines Wassers abgeben muss. Diesen Wasserverlust zu berechnen, ist Aufgabe der Zukunft. Annähernd können wir im folgenden einen Begriff hiervon geben: bei Kairo fliessen bei niedrigstem Wasserstande 3230 *cbm* Wasser, bei höchstem Wasserstande 20240 *cbm* per Sekunde ab Demgegenüber führt — nur die drei Hauptarme betrachtet — bei hohem Wasser der Nil oberhalb der Sobatmündung mehr als 6000, der Sobat 1066, der Blaue Nil 7586, der Bahr el Abiad 15000 bis 18000 *cbm* Wasser pro Sekunde, zusammen also mehr als 30000 *cbm*.

Infolge seines geringen Gefälles führt der Nil niemals Geröll oder Schotter in das Delta, sondern selbst beim höchsten Wasserstande nur den feinsten Schlamm und die feinsten Sandteilchen. Dieser Schlamm bildet den Boden des ganzen Deltas, und er unterscheidet sich durchaus von allen Schlammgattungen europäischer Flüsse. »Im allgemeinen sind es vier Eigenschaften, die auf Grund der Analyse den Nilschlamm über alle ähnlichen Sedimente erheben: 1. Das Vorkommen von kohlensaurer Baryterde, die einen Bestandteil des Kulturbodens bildet und im ganzen grossen Gebiete des Delta verbreitet ist; 2. das reichhaltige Vorkommen des Eisenoxyds; 3. die aussergewöhnliche Wasseraufnahmefähigkeit des Schlammes; 4. die Armut an organischen Bestandteilen. Dies ist der Schlamm, der das Delta bildet, und der, alljährlich vom Wasser des Nil aufgefrischt und durchfeuchtet, Unterägypten und das Delta unter die reichsten, fruchtbarsten und gesundesten Teile unserer Erde reiht. Von seiner Fruchtbarkeit sagt schon Herodot: »Nirgends auf der Erde trägt der Boden bei so geringer Anstrengung, ohne Anwendung von Pflug und Haue so reiche Ernte, wie in Ägypten« [1]), — und ich kann hinzufügen, dass dieses gesegnete Land den Weizen 8- bis 20-fach, die Gerste 4- bis 18-fach, den Mais 14- bis 20-fach und den Durra 36- bis 48-fach wiedergiebt.«

Die Mächtigkeit des vom Nilschlamme aufgebauten Deltas wird aus Versuchen zu 10 bis 15 *m* geschätzt, Dr. Jankó hält sie indessen für grösser. Verschiedene Versuche sind gemacht worden, das vertikale Wachstum des Delta und damit dessen Alter nach Jahrhunderten oder Jahrtausenden zu ermitteln. Jankó hält solche Berechnungen für durchaus unzulässig und völlig unwissenschaftlich. Nach seiner Meinung ist das Delta so alt, dass sein Alter nur durch geologisches, relatives Mass bestimmt werden kann. »Das Nildelta,« sagt er, »bietet ein ganz anderes Bild, als z. B. unter den europäischen Deltas das des Po in Italien; in den Schichten des Nildeltas vermissen wir die Abwechselung, alle sind gleichförmig. Verfolgen wir die Nilarme und Kanäle, oder kreuzen wir dieselben, so wiederholt sich bei niederem Wasserstande bei Rosette, bei Damiette, bei Kairo überall dasselbe Bild. Die Ufer sind 8 bis 10 *m* hoch, oft steil, und in diesen Wänden sind die verhärteten Schlammschichten zu sehen, deren einige dünn wie ein Blatt, andere mehrere Zoll oder Fuss dick sind. Diese Wände erinnern uns durchaus nicht an den alluvialen Ursprung des Deltas, sondern vielmehr an ältere geologische Schichtenbildungen, worauf übrigens schon Fraas aufmerksam gemacht hat. Weiter unten finden wir Schichten von der Dünne eines Kartenblattes, und die Feinheit dieser ist oft in der That bewunderungswürdig. Unzählige Kanäle zwischen

[1]) Herodot, cap. lib. II. p. 14.

hohen Dämmen durchschneiden das Delta kreuz und quer. Die von den Dämmen umgebenen kleineren Gebiete zeigen eigentümlich konkave Oberflächen, die ebenso sonderbar, wie leicht erklärbar sind. Zur Zeit der Überschwemmungen werden die Dämme geöffnet, und das Wasser dringt samt dem befruchtenden Schlamme in die durch Dämme abgeschlossenen Becken. Wenn das Zuströmen des Wassers aufhört, sinkt der schwebende Schlamm zu Boden und vermehrt die auf die Felder sich stützenden Wände der Dämme, während er die scharfe Grenze zwischen diesen Wänden und dem Kulturlande verschwinden macht. Diese Becken füllen sich von Jahr zu Jahr mehr, und jetzt, da die Grossindustrie sich der Ufer des Deltas bemächtigt hat, wird sich das vertikale Wachstum des Deltas, das langsame, aber stete Aufschütten dieser Becken verhältnismässig steigern, beschleunigen, nachdem nun schon Dampfpumpen das Wasser schöpfen, und dessen Schlamm immer mehr verwertet wird, so dass immer weniger davon ins Meer gelangt.

Obwohl der Bau und die Struktur des Deltas ziemlich gleichmässig sind, bietet dessen Oberfläche doch Abwechselung. Den Grundton des Bildes giebt das Kulturland.

Aus dem Schatten des grünen Laubes blinken Häuser, Dörfer und Städte heraus. Ein neues Bild, kleines Mosaik, blendend weisse Mauern, glitzernde Kuppeln, schlanke Minarete zeichnen sich am blauen Himmelszelte ab, das hier so fein und weich ist, wie es kein Maler darzustellen vermag. Der Reisende bemerkt die einfache Ansiedelung des Fellah kaum, es ist das eine Laube, von blütenduftigen Schlingpflanzen umgeben. Der Himmel ist still, kein Lüftchen rührt sich, kein Regen entströmt den Wolken; dementsprechend ist auch die Bauart leicht, launig und heiter, wie das Volk selbst.

Die Kanäle und deren Dämme bilden eine eigene, wenngleich nicht natürliche Formation; diese ist so, wie beim Mosaik die Grenzen der einzelnen Teile, nur nicht schwarz, sondern die Dämme sind grün, denn diese sind ja die fruchtbarsten Felder, mit üppigster Vegetation, während das Wasser der Kanäle, wenn es ruhig ist, blau erscheint wie der Himmel, der sich in ihm widerspiegelt. Der Fellah hält die Ufer im guten Stande, damit er Unterwaschungen, Abrutschungen oder andere Schäden hintanhalte; an den Ufern ist die sorgfältige Arbeit der menschlichen Hand erkenntlich.

Die beiden Hauptkanäle des Deltas, die Arme von Rosette und Damiette, weichen von diesem Bilde ab; ihr Wasser ist nie ruhig, nie blau; es ist immer trübe und nimmt die lichte schmutzige Farbe des Schlammes an. Diese Arme sind um vieles breiter als die Kanäle; an den Ufern ziehen sich schmale, unbebaute Landstriche hin, deren der Strom zur Zeit der Überschwemmung bedarf; so wie der Strom vorwärts eilt, sein Fall abnimmt, und seine Meereshöhe geringer wird, werden auch diese Landstriche immer schmäler.

In den grösseren Armen tritt auch Inselbildung auf. Innerhalb des Kulturlandes sind diese Inseln immer rein fluviatilen Ursprunges; ihre Dauer ist oft nur sehr kurz, eine Überschwemmung hat sie aufgebaut, die nächste rafft sie mit sich und häuft ihr Material an den Ufern auf. Wenn aus dem aufgehäuften Materiale in einigen Jahren doch eine Insel entsteht, prangt diese im üppigsten Vegetationsschmucke und wird sogleich der Kultur unterworfen.

Inseln bilden sich jedoch auch bei den Mündungen der Stromarme und in den Seen, diese sind jedoch nicht mehr reine Flussbildungen. Der feine Schlamm des Nil vermengt sich einesteils mit dem Flugsande der wandernden Dünen des benachbarten Festlandes, andernteils mit dem salzigen Sedimente des Meeres; leider behalten die beiden letzteren Faktoren in der Inselbildung die Oberhand, und somit entstehen unfruchtbare, unbewohnbare, nicht kultivierbare, verlassene Inseln. Verlassene Inseln, denn

auf einigen finden wir Ruinen grosser Städte als Zeichen einer reicheren, glänzenderen Vergangenheit.

Die Uferseen bringen in das Bild des Deltas wieder etwas Abwechselung. Nirgends im Delta finden sich so grosse ruhige Wasserflächen, wie in der Uferzone vom Mariut bis zum Menzaleh. Das Ufer ist überall seicht, die Vegetation reich, allein nicht so lieblich, wie an den Ufern der Deltaarme und Kanäle. Das Salz durchdringt den Boden, der ein Gemisch von Meeressediment, Flugsand und Nilschlamm ist. Eine ergreifende Ruhe herrscht über den Seen, die reiche Ornis bietet ein hinreissendes Bild, und in den Fischen des Sees liegt ein bedeutender Reichtum. Die Inseln sind die zeitweiligen Quartiere der Fischer, das Röhricht der Ufer bildet die Verstecke der Schützen. Das Wasser des Sees wogt kaum, die niederen Ufer sind vom Seespiegel aus kaum zu erkennen, aber jenseits der Ufer erblicken wir die Gruppen der Städte in grünenden Palmenhainen. Umso gefährlicher ist der Sumpf, der das Südufer der Seen umgiebt und dieselben unnahbar macht; kein Araber wagt sich in seiner leichten Dscherme in das Labyrinth des Sumpfes; der Araber selbst schreckt damit seine Kinder, so wie wir mit der Hölle, und sein grenzenloser Aberglaube bevölkert den Sumpf mit übermenschlichen Wesen, Dschin u. a. Es sind endlich im Delta noch brachliegende Felder, die wohl einst kultiviert waren — auch heute noch Spuren der Kultur zeigen —, aber sonst gänzlich vernachlässigt sind. Endlich müssen wir noch die Sandgegenden erwähnen, die nur von der lybischen und arabischen Wüste her eindrangen und am Nordrande des Deltas vorherrschen. Es ist überraschend, dass solche Sandflächen auch im Inneren des Deltas, wo die Kultur gewiss die älteste ist, in der Nähe von Benha el Asab vorhanden sind, obwohl dieselben nicht von grosser Ausdehnung sind und durch die Verbreitung der Kultur von Tag zu Tag kleiner werden. Dies sind die Formationen, welche die Oberfläche des Deltas so abwechslungsvoll, im allgemeinen so angenehm und lieblich gestalten.«

Dr. Jankó giebt nun eine eingehende geographische Schilderung des Deltas. Die Ausdehnung desselben zu bestimmen, ist schwieriger, als es auf den ersten Blick scheint. Der Verfasser entscheidet sich dafür, dass diese Ausdehnung nur nach geologischen Momenten bestimmt werden soll. Wir wissen, sagt er, dass das Delta nach der Tertiärzeit in der Gegenwart entstand, und rechnen daher alle jene Gebiete dazu, die aus quartären und alluvialen Bildungen bestehen, oder zu deren Aufbaue auch diese beigetragen haben; die ersteren umfassen die rein fluviatilen, die zweiten die Mündungsbildungen. Die Araber sagen, wenn der Nil steigt, »das Wasser reicht von einem Berge zum anderen«; dasselbe kann auf das Delta angewandt werden, da die den Rahmen bildenden Berge tertiär sind, und somit der Nil, gleich einer quartären Fläche, gleichfalls von den lybischen Bergen bis zu den arabischen reicht. Dieser Auffassung nach gehören zum Gros der Hauptarme die grosse Ebene von Damanhur, die Gegend des Kanals von Alexandrien, das Mariutbecken, das ganze Nordufer von Abukir bis Rosette, die grosse Halbinsel Burlus und der Südabhang der schmalen Landzunge von Maschlara, die Umgebung des Menzalehsees, die Ebene von Tineh jenseits des Suezkanals, das Gebiet zwischen dem Menzaleh und Wadi-Tumilat bis zum Suezkanale, sowie der syrischen Wüsten jenseits des Kanals.

Jankó teilt das Delta in vier Regionen. Die erste oder Spitzenregion beginnt bei Memphis. »Es fällt in dieselbe der Abschnitt des Nil bis Batn-el-Bakara, der Strom mit seinen Inseln und die aus demselben hier ausgehenden Kanäle, wie Ismailije, Abu-el-Menadschi, endlich Batn-el-Bakara selbst, der Teilungspunkt der beiden Hauptarme.

Nördlich vom Batn-el-Bakara erstreckt sich die zweite Region, das Kanalnetz, dessen Nordrand nicht das Meer, sondern die Nordgrenze des Kultur- und Fluviatillandes, d. h. das Südufer der Seegegend bildet. Das Kanalnetz ist sehr kompliziert, doch werden die zwei Hauptarme — die

das Skelett des Netzes bilden — die Orientierung erleichtern. Die beiden Arme verbindet der Faruniehkanal. Zwischen den zwei Armen sind vier grössere Kanäle, die vom Damiettekanal ausgehen, während zum Rosettearme kein Arm gehört. Westlich vom Rosettearme bildet der Kanal von Alexandrien das Skelett des Wassernetzes; östlich vom Damiettearme gehen die Kanäle von zwei Zentren aus, nämlich die Kanäle Tumilat, Schalahije und San von Sagasig, die Kanäle Damiette, Schajir und Matna von Zifte.

Im allgemeinen müssen wir viererlei Kanäle unterscheiden; natürliche Kanäle (Arme) sind nur zwei, die von Damiette und Rosette vorhanden; die ‚Schefi‘ sind Kanäle, die auch bei niedrigstem Wasserstande wenigstens 2 *m* tief sind; in den ‚Nili‘ ist nur zur Zeit der Überschwemmungen Wasser, diese sind die Vermittler zwischen den Schefi und jenen unzähligen kleinen Kanälen, die das ganze Kulturland des Delta, die einzelnen Besitzungen, ja sogar deren kleinere Teile durchschneiden.

Die dritte Region bilden die Seen Nordägyptens. Der westlichste derselben ist der Mariut, der östlichste der Menzaleh; zwischen denselben liegen (von W nach O) der Abukir, Edku und Burlus. Die Wasserscheiden dieser Seen unter sich sind sehr gering, und ihre Eigentümlichkeit verdient die Aufmerksamkeit des Forschers; es sind lauter Sümpfe, die beweisen, dass die Seen einst zusammenhingen.«

Die vierte ist die schmale Mündungsregion, in welcher grossartige topographische Veränderungen der Mündungen seit Alters stattgefunden haben, so dass sich die Natur dieser Mündungen in Verbindung mit dem hinter derselben sich ausbreitenden Seengürtel gänzlich verändert hat.

Dr. Jankó bespricht die einzelnen Regionen genauer. Er untersucht und prüft die Angaben der alten Autoren über die verschiedenen Arme des Nil und zeigt, dass die alten Quellen bezüglich der Arme von Canopus, Rosette, Tanis und Pelusium vollkommen übereinstimmen, und weder unter sich, noch mit anderen Armen vertauscht worden sind; heute bilden also nur drei Arme den Gegenstand der Diskussion, die Arme von Sebennys, Pathnis und Mendes.

Bezüglich letzterer ist indessen ein sicherer Entscheid nicht zu treffen. Der von den Alten als Canopus bezeichnete Kanal existiert heute nicht mehr, nur so viel ist gewiss, dass derselbe irgendwo zwischen dem heutigen Rosettearme und dem Kanale von Alexandrien zu suchen ist. Langret und Chabrol fanden Spuren desselben im Norden von Rahmanie. Nach Jankó ist der Canopus nur verschlammt und schliesslich eingegangen, weil der Rosettearme für die Schiffahrt wichtiger wurde und allmählich seine Stelle einnahm. Der Pelusiumarm, welcher das Delta im O begrenzt, war zur Zeit Alexanders des Grossen noch schiffbar; er entspricht dem heutigen Menedschekanale. Der Nil benutzt diesen Arm heute kaum mehr; sein Wasser wird zu Bewässerungen verwendet, und nur sehr selten, wenn die Überschwemmung sehr gross ist, bedient sich seiner der Nil zur Abführung des Wassers. Dies geschah, wie Du Boys Aimé angiebt, nur im Jahre 1800.

In dem Kanalnetze zwischen den Armen von Pelusium und Canopus war der Pathmis, der heutige Rosettearm, der eine zentrale Lage einnimmt, der wichtigste. Aus diesem gingen der Tanis- und Mendesarm einerseits, der Sebennys anderseits aus. Heute hat der Pelusiumarm seine Rolle dem Arm von Damiette übergeben, welcher nach dem Rosettearme der mächtigste ist. Aus diesem gehen heute gegen O drei Kanäle aus, bei Trib der Muizz (Tanis), bei Zitfeh der Maschra (Mendes) und der Schajir, die sich alle in den Menzaleh ergiessen. Der westliche Hauptkanal des Damiettearmes ist der Schirbin, der sich bei Asisime in den Jesit und Schirbin teilt; der Schirbin teilt sich wieder bei Mehallet el Kibir entzwei, der westliche Mehalletarm ergiesst sich in den Burlussee, der östliche Nabruvarm ins Meer. Endlich geht der westlichste Kanal des Deltas, der

Kedabe, aus dem Batn-el-Bakara aus und führt, von Tana nach W fliessend, seine ziemlich unbedeutende Wassermenge in den westlichen Teil des Burlussees.

Was die Gefällsverhältnisse des Nildeltas anbelangt, so kommt Jankó auf Umwegen (da ein systematisches Nivellement Ägyptens nicht existiert) zu dem Ergebnisse, dass das Delta sich gegen W hin senkt.

Von besonderem Interesse sind seine eingehenden Untersuchungen der Seeregion des Deltas. Nur wenige der oben erwähnten Kanäle ergiessen sich direkt in das Meer, die meisten nehmen jene Seen in sich auf, die, an der Nordküste Ägyptens eng aneinander gereiht oder nur durch schmale Landstriche voneinander getrennt, einen ganzen Seengürtel bilden. Diese Seen sind von W nach O folgende:

See:	Flächeninhalt:
Mariut	77 000 *ha*
Abukir	14 000 »
Edku	34 000 »
Burlus	112 000 »
Menzaleh	184 000 »

Jankó beschreibt diese Seen im einzelnen und wendet sich dann zu den Kalkufern von Alexandrien. Er giebt eine allgemeine Charakteristik des Ufers und bespricht die klimatischen Verhältnisse und den Einfluss der Meeresströmungen bei dem Aufbaue des Deltas. Die geologisch noch unerforschte Nordküste des Deltas hat er von Alexandrien aus durchforscht und macht darüber eingehende Mitteilungen. Auf dieselben kann hier nicht speziell eingegangen werden, dagegen muss genauer der Ergebnisse gedacht werden, zu welchen der Verfasser als Resumé seiner Arbeiten über den Aufbau des Nildeltas gelangt.

Das ganze Gebiet des Deltas ist von den Vorbergen der lybischen und arabischen Wüste eingeschlossen. Dieselben begleiten eine Zeitlang den Nil und dessen Arme, dann verschwinden sie einesteils (gegen den Isthmus), andernteils entfernen sie sich vom Delta (gegen Alexandrien); sie begleiten den Rosettearm fast zur Hälfte, den Damiettearm, resp. dessen Kanalgebiet bis zum Dritteile seiner Länge.

»Das Nildelta selbst ist quartären Ursprunges; als es sich aufzubauen begann, erstreckte sich — wie das der bei den Brunnenbohrungen in Kairo in gewisser Tiefe gefundene Meeressand, sowie die am Rücken des Mokatam die Wirkung der Meereswogen bis heute zeigenden Ausbuchtungsspuren beweisen — bis Kairo ein Meerbusen. Dieser war das sogenannte negative Delta. Dieses negative Delta begrenzten im N zwei, ziemlich übereinstimmende Richtungen verfolgende Inselreihen; die eine erstreckte sich von Abuschir bis Abukir, die andere von Rosette bis Damiette; die letztere war vielleicht auch damals schon eher eine mächtige Sandbankreihe, an der die von N hereinstürmenden, durch die Winde gepeitschten Wogen sich brachen. Die von W kommende Meeresströmung wandte sich bei Abukir, zwischen den zwei Inselreihen, in das ruhige Wasser des Busens, wo ihre Kraft nachliess, und ihr Einfluss nur schwach zur Geltung kam, indem sie den Strom aus seiner Nordrichtung gegen NO lenkte, der dann seinerseits, mit Zunahme der Entfernung von der Mündung, immer mehr gegen O sich wandte.«

»Der Aufbau des Nil,« führt Dr. Jankó fort, »erfolgte in zwei Richtungen, in vertikaler und horizontaler. Während einesteils die nördlichen Grenzen des Nildeltas vorgeschoben wurden, erhob es sich andernteils auch immer höher über das Wasserniveau. Ritter sagt treffend, dass hier der Meerbusen zuerst Sumpf, dann Morast wurde, aus dem sich dann das dem Kontinente sich anschliessende fruchtbare Land erhob. Reclus setzt hinzu, dass diese Erhebung noch heute währt und bedeutender ist als früher, da sie heute ausser der Inundation durch den Ackerbau, der die immense Wassermenge und mit ihr den Schlamm mit Hand- und Dampfmaschinen

hebt, gefördert wird. Ich will nicht jene Berechnungen wiederholen, die Horner, Girard und andere bezüglich der Aufschüttung des Deltas gemacht haben; so viel ist gewiss, dass, als der Nil den mit den lybischen Bergen zusammenhängenden Rücken des Mokattam durchbrach, das Meer bis zum Mokattam reichte, und seither der Nil das Delta bei Kairo auf 8.5 *m* Höhe erhob.

Bei Untersuchung der horizontalen Entwickelung forschen wir nicht danach, wie die erste Insel entstand, die heute den Kern eines so reichen und fruchtbaren irdischen Paradieses bildet; unsere Kenntnisse geben auch darauf keine Antwort, welche Richtung der erste Arm, der sich entwickelte, einschlug. Wir wissen, dass er gegen den heutigen Suezkanal floss, denn auf den Süsswassersedimenten dieses alten Armes stehen heute Ismailia, El-Gisr, das Serapeum und Tussun, und dies erstreckt sich südwärts bis zu den Eocänrücken des Dscheneff. So viel ist gewiss, dass in Verbindung hiermit auch die Deltaentwickelung gegen die Ufer des Hauptarmes gravitierte, und dass dieser Hauptarm nicht irgendwo weit im N sein Bett suchte, das erklärt das Gesetz der Deviation, sowie jene zahlreichen lokalen Umstände, die beim Nil eine Rolle gespielt haben. Die Verschlammung der Landenge von Suez oder der ersten alten Mündung geschah nach bestimmten Gesetzen, die noch heute die Entwickelung der Arme und Mündungen im Nildelta bestimmen. Der grösste Teil des Schlammes lagerte sich am südlichen oder rechten Ufer ab und schuf hierdurch die Scheidewand zwischen dem Mittelländischen und Roten Meere. Die Ablagerungen der neueren Überschwemmungen hoben dieselbe immer höher, und die Verschlammung dieser Urmündung zog nach sich, dass sich der Nil nach N wandte, und so die nördlicheren Hauptarme und Hauptmündungen entstanden, und unter diesen zuerst die östlichste oder Pelusiummündung. Zwischen dem Dscheneffberge und dem Pelusischen Arme finden sich überall Süsswasserablagerungen, und so haben Nilarme einst das ganze Gebiet durchfurcht, deren Spuren heute nur mehr in den Sedimenten zu sehen sind. Im Laufe der Entwickelung gab dann auch der Pelusiumarm seine Rolle auf, indem er sie solchen Armen übergab, deren Spiegel niedriger gelegen war. Diese Umgestaltung geschah fast vor unseren Augen, innerhalb der Grenzen der historischen Zeit, und es errang sich die Oberherrschaft der Damiette- und dann der Rosettearm. Der Wert der Arme war ein sehr verschiedener, und heute, wo dieser Rollentausch fast die westlichste Grenze erreicht hat, steht der ganze Gang der Entwickelung vor uns, und wir sehen, dass die Hauptmasse des Wassers nach NW fliesst, während sie am Beginne der Quartärzeit noch nach ONO strömte. Die Entwickelung ging selbstverständlich nicht nur in den Mündungen, sondern längs der einzelnen Arme überall und so auch beim Ausgangspunkte fortwährend vor sich. Dies erklärt das Wandern der Deltaspitzen; doch dürfen wir auch in dieser Frage nicht so weit gehen, wie es mehrere Autoren gethan haben; wir dürfen die alte Spitze des Deltas nicht südlich von Kairo suchen. Die Wanderung der Deltaspitze ist daher durchaus nicht so gross, aber immerhin bedeutend und lehrreich; wir kennen jedoch nur zwei Deltaspitzen und beide aus der historischen Zeit. Wo die Deltaspitze am Beginne der Jetztzeit oder in der quartären Zeit gewesen ist, wäre eine sehr interessante Frage, deren Beantwortung aber ausserhalb der Grenzen menschlichen Wissens liegt. Für die weitere Entwickelung des im Aufbaue begriffenen Deltas war der Kalkdamm von Maschlara-Mordeh von grosser Wichtigkeit; südlich von diesem musste die Meeresströmung eine ruhigere sein, und so konnte die Ablagerung des Schlammes rascher vor sich gehen.

Die Schlammablagerung entwickelt sich an verschiedenen Orten auf verschiedene Weise, was von ungezählten Lokaleinflüssen abhängig ist, und so war auch die nördliche Grenzlinie des Deltas innerhalb der Bucht ungleich, und seine am weitesten vorgestreckten Spitzen konnten sich zuerst mit der

Landzunge vereinigen, und dadurch wurde die einstige grosse Meeresbucht in Küstenseen zerteilt, welche auf der nördlichen Küstenlinie Ägyptens noch heute eine zusammenhängende Zone bilden. Die Zerstückelung der Bucht in diese Seen geschah natürlich nicht auf einmal, sondern dauerte kürzere oder längere Zeit; stellenweise blieben Spuren in den Sümpfen um die Seen herum, an anderen Orten ist die Scheidewand nur eine schmale Landzunge, bald wieder ist sie so mächtig, dass wir die ehemalige Zusammengehörigkeit der zwei Seen kaum für möglich halten würden. Diese Zerstückelung der Seen währt auch heute noch; der natürliche Weg derselben ist die Entstehung von Inseln und Sandbänken (wie im Burlus und Menzaleh), ihr Resultat ist das vollständige Austrocknen, wie dies der Abukirsee, die Ebene von Tineh und der Wadi-Mariut beweisen, wo die Arbeit der Menschen nur der der Natur zuvorgekommen ist.

Das Nildelta hat man auch mit den Deltas anderer Flüsse verglichen, so mit denen der Rhone und des Po, und gab als Resultat der Vergleichung an, dass das Nildelta sich von jenen nur durch die Grösse seiner Teile unterscheide. Die auf geologischer Grundlage erworbene Kenntnis der heutigen Verhältnisse kann dieses Resultat nicht ergeben; das Delta hatte gegen das Meer hin acht Mündungen, und wir finden, dass sich von diesen acht Mündungen nur zwei weiter entwickeln. Diejenige von Rosette charakterisiert die Inselbildung, bei der von Damiette entwickelt sich das linke Ufer durch die Bildung alluvialer Fortsätze, das rechte aber durch die Bildung von Inseln; vor den übrigen Mündungen verrät sich die Entwickelung nicht einmal durch die Bildung von Riffen; das ist aber ganz gewiss eine hinreichend charakteristische Abweichung von den echten Deltamündungen, die in fortwährender Entwickelung sind. Diese Thatsache konnte niemand leugnen, aber indem man die heutige Meeresküste als durch den Nil aufgebaut betrachtete, schrieb man das Unterbleiben der Entwickelung in der Jetztzeit den Seen zu, welche man als neuen Ursprungs betrachtete, und zwar auf Grund dessen, dass diese Seen zur Zeit der Pharaonen nicht so riesige Dimensionen hatten.«

Dr. Jankó widerspricht der Hypothese von Senkungen oder Einbrüchen des Meeres, glaubt vielmehr, dass die Seen vor der Zeit der Pharaonen grosse Dimensionen hatten, dass man aber infolge späterer Übervölkerung einen Teil ihrer Gebiete verwertete, was nur durch hochentwickelte Kanalisation möglich wurde. Dieses grossartige Kulturwerk wurde aber infolge der späteren historischen Erschütterungen, welche die Bevölkerung Ägyptens dezimierten, ja beinahe vernichteten, wieder vernachlässigt, wodurch die Seen ihre ursprüngliche Gestalt und Ausdehnung wieder gewannen.

»Trotzdem,« sagt Dr. Jankó, »schreitet die Entwickelung unausgesetzt vorwärts, aber nicht an der Meeresküste, sondern im Inneren der Küstenseen; das Gebiet des freien Wassers derselben vermindert sich von Jahr zu Jahr; die südliche Grenze des zu ihnen gehörigen Sumpfgebietes zieht sich immer mehr nach N zurück; in den Seen vergrössert ein Teil des durch die Kanäle herabgebrachten Schlammes die vor den Kanalöffnungen liegenden Inseln; ein anderer Teil baut das südliche Ufer der sie vom Meere trennenden Landzungen auf und schiebt sie in den See vor; ein dritter Teil endlich erhebt den Seeboden selbst. Auf Grund dessen dürfen wir uns also die nördliche Uferlinie des Deltas nicht als analog mit der Meeresküste vorstellen, sondern wir müssen dieselbe in der südlichen Uferlinie der Seen suchen, welche von jedem Gesichtspunkte aus einer echten Deltabildung entspricht, indem die südlichen Ufer der Seen zahllose Inseln bedecken und Lagunen durchziehen. Diese bildet die echte Uferlinie des Deltas, indem die schmale Landzunge zwischen Rosette und Damiette, die geologisch einen Übergang zwischen den tertiären und quartären Bildungen bildet, älteren Ursprunges ist, als das Delta selbst und insbesondere dessen nördliche, sich jetzt entwickelnde Gebiete.

Dem Wirken der Naturkräfte steht also die Arbeit des Menschen entgegen, und darauf macht Dr. Jankó zum Schlusse seiner Monographie aufmerksam. »Die grossartigen Bauten von Saidieh und die Sorgfalt, welche die nächste Generation auf die Erhaltung derselben verwenden wird, werden dem Nil für lange Zeit vorschreiben, dass er den grössten Teil seines Wassers in den Armen von Rosette und Damiette hinabführe; der Mensch hat im Kampfe ums Dasein den Kampf auch gegen die Natur aufgenommen, verteidigt sich mit schlauem Verstande gegen die Gefahren der Überschwemmungen, lauscht ihr die Gesetze ab und verwertet sie in seinem eigenen Interesse. Der Kampf des Menschen beraubt den Strom und das Delta ihrer Natürlichkeit, hemmt sie in der Entwickelung; das Wasser fliesst dahin, wo es der Mensch gebietet, und nicht dorthin, wohin es auf Grund mechanischer Prinzipien selbst sein Bett sich graben würde; nur dort ist es von diesem Joche erlöst, wo es wieder unkultivierten Boden erreicht und sich zwischen den Sümpfen der nördlichen Seenzone, deren Inseln und Sandbänken Bahn bricht. Der Mensch kann die natürliche Entwickelung für eine Zeit aufhalten, aber nicht für immer wirkungslos machen; bewunderungswürdig ist die Urkraft der Natur, die, der menschlichen Fesseln ledig, sich von neuem offenbart. Der Rosettearm, den Menschenhand gegraben, war nur dazu gut, dass der Strom vor seine Mündung ein kleines Delta aufbaue, zwischen dessen Sandbänken er sich den Hauptabfluss seines Wassers selbst festsetzt. Sehr gross sind jene Gebiete, wo ehedem der Ackerbau blühte, die aber jetzt die Bevölkerung verlassen hat, wo die Gewässer die durch Menschenhand gegrabenen Wege verlassen, aus ihren künstlichen Betten austreten und auf Grund unverjährbarer Gesetze sich in dem weichen Boden ein neues Bett aushöhlen.«

Die Zeiten der Nilanschwellung. Ventre-Bey veröffentlicht im »Bulletin de la Société Khédiviale de Géographie« Nr. 1 von 1894 einen interessanten Aufsatz über die Nilgezeiten als Fortsetzung seiner im »Bulletin de l'Institut Egyptien« 1892 publizierten Studien über den »Vater der Flüsse«. Bekanntlich manifestiert sich die Nilanschwellung infolge der verstärkten Wassermassen des Weissen und Blauen Flusses und des Atbara gewöhnlich in merklicher Weise gegen den 23. Juni jedes Jahres zu Siût und in den ersten Julitagen zu Kairo, nachdem schon eine erste Erhöhung der Wassermasse etwas früher stattgefunden hat. Manchmal geschieht es, dass die vergrösserten Fluten des Blauen Flusses zu Chartum etwas früher sich zeigen als jene des Bahr el Abiad. Die erste Anschwellung erscheint zu Kairo in der Regel am 17. Juni (die »Nokta«), nachdem bereits anfangs Juni die sogen. »grünen Wässer« sich gezeigt hatten, die Wirkung der Abrasierung der grossen Vegetationsmassen am Oberlaufe des Stromes durch den ersten Ansturm der Hochflut, die auch während der folgenden Monate anhält, um vom Ende Juli das Wasser in mehr und mehr rötlicher Färbung — einer Folge der Desaggregation des Uferbodens in den Hochflächen der Quellgebiete — erscheinen zu lassen. Von dieser Zeit an freut sich der Ägypter auf die »Wafa«, den Ausruf des höchsten, zu Altkairo 7.5 *m* betragenden Standes des Wassers, die Ableitung der überschüssigen Wässer in die Kanäle und Reservoirs. Die Wassermasse lässt infolge der Verteilung über die ganze fruchtbare Fläche Ägyptens in der rapiden Zunahme von da ab nach, indessen steigt

die Höhe der Flut stetig fort, bis sie Ende September (ca. 26., dem Salib = Kreuz), von welchem Datum ab der Fluss sich gleich hoch zeigt durch einige Tage. Darauf folgt die anfangs rapide, später langsame Abnahme der Flut, und vom Sommersolstitium ab offenbaren sich die kleinen, aber sehr regelmässigen Oscillationen. Oft bemerkt man zu Kairo in der ersten Oktoberhälfte noch eine zweite Nilanschwellung, die aber ihren Grund in der Ausräumung der Reservoirs und grossen Bassins Oberägyptens hat, so jenes von Koschejscha, welches eine Wassersteigerung (z. B. bei Wasta) von ca. 1 *m* bewirkt u. s. w. Naturgemäss kann die gute oder schlechte Manipulation mit der Aufspeicherung des überschüssigen Wassers da und dort selbst gewaltige Störungen in dem Eintritte dieser späteren Wasserstauungen verursachen.

Die Überschreitung des normalen Wasserstandes während der Anschwellung ist verschieden, je nach der Breite des Stromes und der Konfiguration der Ufer. In Nubien beträgt dieselbe 11 *m*, in Assuan 9 *m*, in Siût 8 *m*, in Kairo 7.5 *m*, im Delta 7 *m*, bei Rosette und Damiette nur mehr 1.5 *m*. Die Infiltration des Bodens mit Nilwasser schwankt zwischen 1.7—2.5 *m*. Der Ansturm der Wassermassen des Blauen Nil ist bei einem mittleren Gefälle von 1 *m* auf 15 *km* ein sehr vehementer und macht sich besonders in Nubien geltend, während die etwas später eintreffende Flut des Weissen Nil viel ruhiger auftritt, dafür aber eine ausgiebigere Wassermasse liefert. Das Maximum erreicht der Bahr el Azraq zu Chartum gegen den 26. August, der Bahr el Abiad 23 Tage später, gegen den 12. September. Zu Assuan zeigt sich das Maximum am 30. August, zu Siût am 13. September, zu Kairo am 26. September (Salib), stets bewirkt durch den Blauen Fluss, denn der Bahr el Abiad offenbart kein prononziertes Maximum, weil seine Fluten durch die Kanalmanipulationen alteriert werden, will man von dem künstlich erzeugten und gegen den 14. Oktober erscheinenden Maximum etwa absehen.

Ventre-Bey giebt nun folgende interessante Tabelle der effektiven Wasserstände an verschiedenen Punkten während der Anschwellung des Nil:

1 *m* in dem Albert-Njanssa (nach Baker);
2 *m* zu Gondókoro (200 *m* Breite, 2.2 *m* normaler Tiefe):
3 *m* 20 *km* nördlich von Gondókoro;
6 *m* im Maximum um 9° nördl. Br. an der Sobatmündung;
7 *m* in Chartum (2—3 *km* Strombreite);
8.5 *m* in Schendi, 190 *km* von Chartum;
9.5 *m* unterhalb der Hannek-Katarakte, 705 *km* nördl. der Atbaramündung;
7 *m* an den grossen Katarakten, wo der Strom sehr breit ist;
8 *m* am Beginne des Kaibar-Katarakts;
10.5 *m* unterhalb des ersteren, wo der Fluss 900 *m* breit ist;
11.75 *m* zu Semneh im granitischen Terrain;

9 *m* und darüber bei dem Katarakte von Wadi Halfa;
8.8 *m* bei Assuan;
9 *m* bei Gebel Cilcily, wo besondere Verhältnisse obwalten;
8.5 *m* bei Edfu;
7.9 *m* bei Siût;
7.4 *m* in Kairo;
7 *m* im Delta, und zwar in beiden Armen des Stromes;
5.5 *m* im ersten Drittel jedes der Deltaarme;
2.4—3 *m* im zweiten Drittel jedes der Deltaarme;
1.5 *m* bei Rosette und Damiette;
0 *m* an der Ausmündung des Stromes in das Meer.

Über die Schnelligkeit der Verbreitung der Flut giebt Ventre-Bey folgende Daten:

Am 26. April zeigt sich die Steigung zu Chartum; am 17. Juni zu Kairo; am 17. Mai zu Dongola, also 21 Tage nach dem Erscheinen zu Chartum; am 24. Mai zu Wadi Halfa, also 7 Tage nach dem Erscheinen zu Dongola; am 29. Mai zu Assuan, also 5 Tage nach dem Erscheinen zu Wadi Halfa; am 9. Juni zu Siût, also 11 Tage nach dem Erscheinen zu Assuan; am 17. Juni zu Kairo, also 8 Tage nach dem Erscheinen zu Siût.

Der Zeitpunkt des Erscheinens der Flut zu Kairo fällt demnach auf den 52. Tag seit ihrem Beginne zu Chartum. Die Geschwindigkeit des Fortschreitens beträgt also:

Von Chartum bis Dongola (1027 *km*) 21 Tage, das ist 2038 *m* per Stunde; von Dongola bis Halfa (421 *km*) 7 Tage, das ist 2506 *m* per Stunde; von Halfa bis Assuân (348 *km*) 5 Tage, das ist 2900 *m* per Stunde; von Assuan bis Siût (558 *km*) 11 Tage, das ist 2114 *m* per Stunde; von Siût bis Kairo (403 *km*) 8 Tage, das ist 2100 *m* per Stunde.

Die weiteren sehr lehrreichen Tabellen in Ventre-Bey's Aufsatze betreffen Berechnungen des Eintrittes der Flut an einzelnen Punkten des Stromlaufes u. a. m. Die Zahlen sind zum Teile auf die Nilschwellung von 1871 und 1872, welche eine ganz typische war, bezogen.

Der Rio Napo wurde von Richard Payer geschildert[1]) auf Grund eigener Anschauung. Dieser Strom ist einer der bedeutendsten und wichtigsten Ströme Perus, sowohl durch die pflanzlichen Reichtümer seiner jungfräulichen Wälder, wie als Verkehrsvermittler mit den Republiken Ecuador und Colombia. Seinen Ursprung nimmt er am östlichen Abhange des Cotopaxi und empfängt in seinem zuerst östlich, dann südöstlich gerichteten Laufe folgende Zuflüsse: auf rechter Seite den Mazan, Tacsha-Curaray und Atum-Curaray und die kleinen Flüsse Yanayacu, Ahuashires, Ocoo-Jani, Yasuni und Tiputíni; auf linker Seite Sucusary, Tambor-Yacu, Tarapote, Urito-Yacu, Santa Maria und die grösseren Flüsse Aguarico und Coca.

---

[1]) Petermann's Mitt. 1894. **40.** p. 169 u. ff.

Der Strom ist wegen der Unregelmässigkeiten im Bette und der schnell wechselnden Tiefenverhältnisse nur für Dampfer mit Fadentiefgang schiffbar, und zwar für solche bis zur Einmündung des Curaray. Besonders auffallend sind die zahlreichen im Strome teils schwimmenden, teils sesshaften oder in Neubildung begriffenen Inseln. »Die meisten Ansiedelungen und Pflanzungen auf den Inseln befinden sich in der immerwährenden Gefahr, unterwaschen und vom Wasser weggefegt zu werden. Schwimmendes Schilf und Gras und Fragmente zertrümmerter Waldstrecken, auf deren Überresten ein buntes Tierleben sich tummelt, treiben flussabwärts. Sie verstopfen die Mündungen der Flüsse und Seen, und indem sie ihren bunten Teppich immer dichter zusammenschliessen, zwingen sie zugleich die Eingeborenen zum Verlassen ihrer Wohnplätze. Als die Bewohner von Omaguas (einem Pueblo oberhalb Iquitos) wegen der Guarana-Schilfgräser ihren Ort verlassen mussten, wurde ein Regierungsdampfer vom Treibschilfe eingeschlossen. Jene bauten sich ihre Häuser aufs neue auf, der Dampfer aber blieb als Denkstein übrig, weil man zu spät an seine Befreiung dachte. Während solche Neulandbildungen lautlos vor sich gehen, entfaltet sich die Majestät der Schöpfung gewaltig in ihrer Zerstörungssucht. Das Versinken der Waldstrecken durch Ufereinstürze wird hauptsächlich durch die alljährlichen Schwankungen des Wasserstandes erzeugt. In der Trockenperiode vergrössern sich die vom Wasser befreiten Erdspalten, geben dem Drucke der oberen Pflanzendecke nach und begraben in ihrem Sturze Hab und Gut derjenigen Wesen, die sich ihr anvertrauten.«

Die Sedimentführung des Rio Grande. Nach dem Berichte von J. W. Powell[1]) haben die Beobachtungen zu El Paso ergeben, dass vom 1. Juli 1889 bis 30. Juni 1890 der genannte Fluss dort eine Sedimentmenge von 3.8 Millionen Tonnen vorbeiführte. Die jeweilige Menge ist im Laufe der Monate sehr ungleich, da die Wasserstände sehr wechseln. Vom Juli bis Dezember liegt das Strombett vielfach trocken, während der März den höchsten Wasserstand aufweist. Die Wassermenge, die bei El Paso vorüberfliesst, betrug pro Sekunde in Kubikfuss: 1889 im Dezember 71, im April 1890: 2190, im Mai 5771, im Juni 4404, im Juli 854. Die entsprechenden Sedimentsmengen pro Monat waren (in Tonnen): 1887 Dezember 48 380, 1890 April: 1 029 800, Mai 1 671 700, Juni 699 200, Juli 93 730.

11. Seen.

Änderungen der Zusammensetzung des Wassers in den Seen mit der Tiefe[2]). Die Annahme, dass das Wasser eines Sees überall dieselbe chemische Zusammensetzung habe, hat sich bei der Untersuchung einer Reihe von Alpenseen durch A. Delebecque als

[1]) U. S. Geological Survey. Eleventh Annual Report to the Secretary of the Interior. Washington 1891.

[2]) Compt. rend. **117**. p. 712.

nicht richtig erwiesen. Sechs Seen: 1. der Annecy, 2. Aiguebellette, 3. Nantua, 4. Saint-Point, 5. Remoray und 6. der Corzet, von denen letzterer eine Höhe von 1970 *m* erreicht, ergaben nachstehende Werte ihres Gehaltes an festen Stoffen: 1. an der Oberfläche 0.138 *g* pro *l*, am Grunde in 65 *m* 0.157 *g*; 2. Oberfläche 0.114 *g*, in 15 *m* Tiefe 0.153 *g*, am Grunde, 71 *m*, 0.1605 *g*; 3. Oberfläche 0.154 *g*, in 15 *m* 0.178 *g*, in 20 *m* 0.186 *g*, am Grunde 43 *m* 0.190 *g*; 4. Oberfläche 0.152 *g*, Grund 40 *m* 0.182 *g*; 5. Oberfläche 0.1605 *g*, in 15 *m* 0.180 *g*, Grund 27 *m* 0.205 *g*; 6. Oberfläche 0.0275 Grund 37 *m* 0.0368 *g*. Die Seen Nr. 1, 2 und 6 wurden im Sommer, die drei anderen im Oktober untersucht.

Auffallend ist der Unterschied der Zusammensetzung bei den Seen 2, 3 und 5, in denen das Wasser durch Strömungen wenig gemischt wird, und in denen die Wärme nicht tief eindringt. An der Schwankung beteiligen sich der Kalk und die Kieselsäure, während die Menge der Magnesia ziemlich dieselbe bleibt; das Wasser der Abflüsse hat dieselbe Zusammensetzung wie das Oberflächenwasser.

Da die Wasserproben während des ungewöhnlich trockenen Sommers und Herbstes von 1893 geschöpft und untersucht wurden, so kann das Resultat nicht zurückgeführt werden auf die Verdünnung des Oberflächenwassers durch Regen, und ebenso wenig auf eine Wirkung der ungemein schwachen Zuflüsse. Auch die Erwärmung der Oberfläche kann nicht ein Herausfallen von Salzen bewirkt haben, da lange fortgesetztes Erwärmen des Wassers vom Grunde bis zu einer Temperatur, die höher war als das Maximum der Oberflächenschichten, keinen Niederschlag erzeugte. Verfasser glaubt vielmehr, dass, wie dies Duparc jüngst ausgesprochen, an der Oberfläche eine stärkere Absorption von festen Stoffen, besonders von kohlensaurem Kalke, durch das hier reichlicher als in den Tiefen vorhandene organische Leben stattfinde [1]).

Später Untersuchungen von Delebecque haben ergeben, dass die Unterschiede in der Zusammensetzung des Wassers im Winter geringer werden [2]). Folgende Zahlen führt derselbe an:

See	Datum			Rückstand pro Liter Oberfläche	Rückstand pro Liter Tiefe	
Annecy	18.	VIII.	1893	0.138 *g*	0.157 *g*	65 *m*
	26.	XII.	1893	0.140	—	
	14.	II.	1894	0.146	0.1445	
Aiguebellette	20.	VII.	1893	0.1175	0.1605	71 *m*
	19.	VIII.	1893	0.114	0.156	
	15.	II.	1894	0.1407	0.157	
Nantua	22.	X.	1893	0.154	0.189	43 *m*
	24.	XII.	1893	0.175	0.176	
	25.	II.	1894	0.180	0.1793	
Saint-Point	14.	X.	1893	0.152	0.182	40 *m*
	13.	XII.	1893	0.1766	—	
Genfer	8.	II.	1894	0.172	0.1765	310 *m*
Bourget	4.	III.	1894	0.164	0.164	145 *m*

1) Naturw. Rundschan 1894 Nr. 5.
2) Compt. rend. **118.** p. 612.

Mit Ausnahme des Sees von Aiguebellette sind die im Winter beobachteten Unterschiede von derselben Ordnung wie die unvermeidlichen Fehler der Verdunstung. Man kann daher annehmen, dass in dieser Jahreszeit das Seewasser eine gleichmässige Zusammensetzung hat. Die am See von Aiguebellette beobachtete Abweichung von 0.0163 rührt wahrscheinlich daher, dass ein Teil des Sees noch zugefroren war an dem Tage, an welchem die Proben entnommen wurden, so dass das Oberflächenwasser durch das Schmelzen des Eises verdünnt war.

Besonders interessant sind die Zahlenwerte vom Nantuasee. Sie beweisen überzeugend den Einfluss der Abkühlung im Herbste und der vertikalen, durch die Wärmeverhältnisse bedingten Strömung, welche das Wasser der Oberfläche mit dem der Tiefe mischt und die im Sommer gefundenen Unterschiede verschwinden lässt. Sie zeigen ferner, dass die Zusammensetzung des Wassers im Winter gleichmässig bleibt, dass aber der Gehalt an festen Stoffen etwas zunimmt. Da übrigens der See zum grösseren Teile durch Quellwasser gespeist wird, dessen chemische Zusammensetzung sich von einer Jahreszeit zur anderen nicht merklich verändert, kann man die Unterschiede des Sommers nicht den Zuflüssen zuschreiben.

Merkwürdigerweise war in jedem See die Menge der Magnesia genau dieselbe, welches auch der Teil des Sees gewesen (ausgenommen natürlich die unmittelbare Nähe der Zuflüsse), und welches die Jahreszeit war. Die Unterschiede betrafen vorzugsweise den Kalk; sie zeigten sich auch in der Kieselsäure, deren gelöste Menge in den untersuchten Seen jedoch niemals einige Milligramm pro Liter überstieg. Daraus hat Verf. den Schluss gezogen, dass während des Sommers unter dem Einflusse des Lichtes und der Wärme eine Kalkentziehung durch das organische Leben in dem Oberflächenwasser stattfindet. Die für den Nantuasee verifizierte Thatsache, dass während des Winters die Zusammensetzung gleichmässig bleibt von dem Momente an, wo sie unter dem Einflusse der thermischen Konvektion sich ausgeglichen hat, spricht zu Gunsten dieser Hypothese.

Die Mansfelder Seen und die Vorgänge an denselben im Jahre 1892 schildert Willi Ule [1]).

Die Mansfelder Seen liegen inmitten des Mansfelder Hügellandes, das sich als eine sanftwellige Hochfläche südöstlich an den Harz anschliesst. Mit einer Höhe des Wasserspiegels von 94 *m* im Süssen See und 89 *m* im Salzigen See ist das weite Thal dieser Wasserbecken tief eingeschnitten in jene Hochfläche, der eine mittlere Höhe von 200 *m* zukommt. Der grössere Salzige See bedeckte bei einer Länge von 6.2 *km* und einer mittleren Breite von etwa 1.5 *km* eine Fläche von 8.75 *qkm*. Beträchtlich kleiner ist der Süsse See; er misst 2.63 *qkm*, ist 5.2 *km* lang und 0.8 *km* breit.

[1]) Ule, Die Mansfelder Seen etc. Eisleben 1893. Potonié's Wochenschrift 1894. Nr. 27.

Der grossen Ausdehnung der Wasserflächen stand nun keineswegs eine entsprechende Tiefe gegenüber; beide Seen sind vielmehr ausserordentlich flache Becken. Bezüglich der Ursache der Erscheinung kommt er zu folgenden Ergebnissen:

»Das völlige Versiegen der Brunnen während der letzten Jahre, sowie die stete Abnahme der Wassermenge in den Quellen und Bächen lehrt uns zunächst, dass dem Boden in der Umgebung der Seen schon seit geraumer Zeit das Grundwasser entzogen ist. Diese Abnahme des Grundwassers ist aber, so vermuten wir, eine Folge der gewaltigen Ausdehnung des Mansfelder Bergbaues. Mächtige Pumpwerke haben dort aus der Tiefe seit Jahrzehnten ungeheuere Wassermassen emporgehoben, und in einem künstlichen Stollen sind diese Wasser, die sonst in der Bösen Sieben und anderen Bächen dem See zuströmten, jetzt direkt zur Saale gefördert. Dadurch wurden zunächst die überlagernden und benachbarten Gesteine ihres Sickerwassers beraubt, bald aber erweiterte sich das Quellgebiet der Schachtwasser entsprechend einer altbewährten Erfahrung, und schliesslich strömten zu den Mansfelder Schächten auch die Grundwasser aus grösserer Entfernung. Mit dem Wasser aber entgingen dem Boden alle löslichen Gesteine, Hohlräume entstanden, und in diese stürzten die überwölbenden Decken ein, sobald jene Auslaugung hinreichend fortgeschritten war. Dadurch, dass ein solcher Erdfall in diesem Jahre innerhalb des Seebeckens selbst erfolgte, wurde dem Seewasser, das sonst wegen des thonigen Absatzes auf dem Grunde als völlig abgeschlossen gelten durfte, ein Weg in die Tiefe geöffnet und ein plötzliches und schnelles Absickern desselben ermöglicht. Jahrzehnte hindurch ist die Katastrophe vorbereitet, im Jahre 1893 ist sie zum Ausbruche gekommen.«

Die physikalischen Verhältnisse des Bodensees sind auf Grund fremder und eigener Beobachtungen von F. A. Forel studiert worden. E. Graf Zeppelin hat die Ergebnisse dieser Studien in mehreren Abhandlungen in deutscher Sprache veröffentlicht[1]). Die Temperaturverhältnisse der Oberfläche des Sees sind 1889—1891 sowohl von zahlreichen, den See befahrenden Dampfern als auch im Hafen von Lindau täglich durch Messung bestimmt worden. Für den See ergab sich 1889 August bis 1890 Juli: 10.28° und für den gleichen folgenden Zeitraum bis Juli 1891: 9.94°. Die Mitteltemperaturen der Jahreszeiten waren: Winter 3.9°, Frühling 6.7°, Sommer 17.8°, Herbst 11.9°. Das Maximum der Oberfläche war 22.6°, das Minimum 1.8°. Im Hafen von Lindau, war die Wasserwärme im Frühlinge 1.7° und im Sommer 0.4° höher als auf dem offenen See, im Herbste dagegen 0.3° und im Winter 2.2° niedriger als das Jahresmittel. Was die Temperatur in den tiefen Schichten anbelangt, so hat Späth 1889

[1]) Schriften des Vereins für Geschichte des Bodensees und seiner Umgebung. Heft 22. Lindau 1893.

bis 1891 vor Friedrichshafen Reihentemperaturen bis zu 235 *m* Tiefe gemessen. Aus ihnen ergiebt sich, dass der See im ganzen sich im Frühlinge und Sommer erwärmt, im Herbste und Winter dagegen abkühlt. Die Amplitude der Schwankungen, welche an der Oberfläche 16° beträgt, sinkt mit zunehmender Tiefe und ist unter 100 *m* Tiefe geringer als 1°. Nach Forel's Berechnung erhält die ganze Wassermasse des Sees jährlich durch die Strahlung der Sonne 180 Billionen Wärmeeinheiten, zu deren Erzeugung die Verbrennung von 23000 Millionen Kilogramm Steinkohlen erforderlich wäre. Die Temperatur des Rheinwassers (bei Rheineck gemessen) ergiebt sich ausser in den Monaten März und April erheblich (im Sommer bis zu 5.9°) niedriger als die des Oberflächenwassers des Bodensees, so dass also letzterer die Temperatur seiner Umgebung mildernd beeinflusst.

Die Durchsichtigkeit des Wassers wurde durch Versenken weisser Scheiben von den Dampfbooten aus geprüft. Aus 276 Beobachtungen ergab sich, dass diese Scheiben (von je 20 *cm* Durchmesser) im Winter in 6.6 *m*, im Frühlinge in 5.8 *m*, im Sommer in 4.5 *m*, im Herbste in 4.5 *m* Tiefe unsichtbar wurden. Örtlich ist diese Unsichtbarkeitsgrenze indessen sehr verschieden; sie beträgt im Jahresmittel für Bregenz 3.3 *m*, Lindau 3.4 *m*, Friedrichshafen 5.2 *m*, Romanshorn 6.2 *m*, Konstanz 8.7 *m*, so dass also das Wasser des Bodensees um so klarer wird, je weiter man sich von der Einmündungsstelle des Rheines entfernt. Ausserdem wird hierdurch die anderweitig bereits bekannte Thatsache bestätigt, dass die Sichtbarkeitsgrenze des Wassers von der in ihm vorhandenen Menge fester Suspensionen bedingt ist. Im Frühlinge und Sommer wird mit dem Schmelzwasser, welches die Zuflüsse herbeiführen, die Menge der Verunreinigungen im Seewasser vermehrt, und der Rhein, als bedeutendster Zufluss, führt die meisten suspendierten Körperchen zu, daher das Klarwerden des Wassers im Winter und am weitesten vom Zuflusse des Rheins entfernt. Dass die Sichtbarkeitsgrenze von der Zahl der schwebenden Partikel und nicht von dem Grade der äusseren Beleuchtung abhängt, wird nach Forel dadurch erwiesen, dass an einem und demselben Tage und Orte die Sichtbarkeit die gleiche ist, gleichviel ob die Sonne im Zenithe oder im Horizonte steht. Im Sommer dürfte übrigens zur stärkeren Trübung des Wassers auch noch die Vermehrung der im Wasser lebenden Organismen beitragen.

Als nachts (29. August 1889) Rahmen mit lichtempfindlichem Chlorsilberpapiere nahe bei Friedrichshafen in den See versenkt wurden, fand sich nach 13¼ Stunden, dass die grösste Tiefe, bis zu welcher das empfindliche Papier noch vom Lichte beeinflusst wurde, 30 *m* nicht überstieg; bei einem zweiten Versuche war wenigstens in 50 *m* Tiefe keine Wirkung mehr zu erkennen. Hiernach würde die Grenze für die Lichtwirkung im Genfer See doppelt so tief liegen als im Bodensee, was auch mit dem obigen Ergebnisse der Durchsichtigkeitsbestimmungen übereinstimmt.

Die Farbe des Wassers wurde nach der Forel'schen Methode durch Vergleichung mit Mischungen von gelben Lösungen (neutrales chromsaures Kali, 1 Teil in 199 Teilen Wasser) mit blauen Lösungen (1 Teil schwefelsaures Kupfer, 5 Teile Ammoniak und 194 Teile Wasser) bestimmt. Es ergab sich, dass die Grundfarbe einer Mischung von 20—27 % gelber Lösung mit 80—73 % blauer Lösung entspricht; sie ist dunkelgrün und unterscheidet sich sehr von der blauen Farbe des Genfer Sees, dessen Wasser einer Mischung von 9 % gelber und 91 % blauer Lösung gleicht. Die Ursache der grünen Färbung des Bodenseewassers findet Forel in einer Beimischung von Humussäure zu dem an sich rein blauen Seewasser. Diese Beimischung deutet an, dass im Einzugsgebiete des Bodensees sich mehr Torflager befinden müssen, als in dem des Genfer Sees, was mit den geographischen Verhältnissen beider Seen übereinstimmt.

Zur Untersuchung der Wasserstandsschwankungen dienten die Aufzeichnungen von drei Limnographen (zu Bodman, Konstanz und Kirchberg). Sie ergaben das Vorhandensein hauptsächlich zweier Arten von Schwankungen, die als typische bezeichnet werden können. Es sind folgende: 1. Einknotige Längsschwankungen, deren Dauer zu 55.8 Minuten, deren Höhe zu + 57 *mm* bestimmt wurde, während die Reihen dieser Schwankungen zwischen 22 und 64 variierten. 2. Zweiknotige Längsschwankungen, deren Dauer ziemlich genau die Hälfte der Dauer der einknotigen (28 Minuten) betrug; ihre Häufigkeit war nicht gross, und ihre Höhe erreichte nur etwa 1—2 *cm*; auch die Länge der Reihen war nicht bedeutend., sie bestanden aus etwa 20. Neben diesen Schwankungen traten, jedoch sehr selten, solche von kürzerer Dauer (etwa 10 Minuten) auf. Die Ursachen dieser sämtlichen Schwankungen lassen sich bei der kurzen Dauer der Beobachtungen nicht feststellen; doch sprechen dieselben nicht gegen die aus dem Studium der »Seiches« abgeleitete Ansicht, dass die Seeschwankungen von einem an einem bestimmten Punkte dem Wasserspiegel gegebenen Anstosse, von einer Erschütterung desselben durch eine rasche Störung des Luftdruckes herrühren. Eine überaus kräftige Störung des Wasserspiegels am 20. Mai z. B. war durch ein Gewitter mit Weststurm verursacht.

Die Beobachtungen zu Konstanz, welche $3^1/_2$ Monate umfassen, ergaben eine mittlere Höhe der Schwankungen von 14 *mm*. Aus den ziemlich verwickelten Zeichnungen liessen sich einknotige Schwankungen von 56 Minuten Dauer und zweiknotige von 28 Minuten herausfinden; beide entsprechen den zu Bodman gefundenen, waren jedoch hier schwach und undeutlich ausgeprägt, so dass sie ohne jene Vorgänger schwerlich erkannt worden wären. Hingegen konnten aus den Konstanzer Zeichnungen sehr häufig und sehr klar Schwankungen von 15 Minuten Dauer erkannt werden, welche als die normale Seeschwankung von Konstanz bezeichnet werden müssen. Ob dieselben vierknotige Schwankungen sind, lässt sich nicht ent-

scheiden. Die Station Kirchberg, welche ihrer geographischen Lage nach dem Knoten der einknotigen Schwankungen nahe sein musste, zeigte die einknotigen Schwankungen von 56 Minuten nur ungemein schwach und äusserst selten; die Höhe derselben betrug im Maximum 4—5 *mm*. Hingegen waren die zweiknotigen Schwankungen von 26 Minuten sehr häufig; sie zeigten Reihen von 13—39 Schwankungen; ihre Höhe betrug im Maximum 29 *mm*. Am 2. Januar 1891 zeigte sich eine Reihe von 33 sehr gut gezeichneten Schwankungen, deren grösste Höhe nur 9 *mm* betrug, und welche eine Dauer von 39 Minuten hatten, die zwischen derjenigen der einknotigen und der zweiknotigen Wellen liegt. Ihre Deutung ist jetzt noch nicht zu geben. Endlich zeigte die Station Kirchberg ziemlich häufig sehr gut ausgeprägte Schwankungen von ungefähr 4 Minuten Dauer, welche weder in Bodman, noch in Konstanz aufgetreten sind. Forel vermutet, dass es sich hier um Querschwankungen des Bodensees handle, welche sich mit den Längsschwankungen kreuzen können, ohne sich gegenseitig zu stören.

Untersuchungen am Gardasee hat Prof. E. Richter ausgeführt [1]). Er stellte über 100 Lotungen an und nahm auf Grund derselben den österreichischen Seeanteil kartographisch auf. Diese Arbeiten schliessen sich an die im Jahre 1887 von der italienischen Kriegsmarine im italienischen Teile des Sees ausgeführten, jedoch bisher noch nicht dem ganzen Umfange nach publizierten Messungen an. Die grösste Tiefe im österreichischen Teile des Sees wurde mit 311 *m*, im italienischen Teile mit 346 *m* ermittelt. Auffallend ist das steile Abfallen der Ufer, während der Grund des Sees einen ziemlich ebenen Boden darstellt. Die ganze Bildung des Seebodens ist sehr regelmässig, das unterseeische Sarcadelta nur gering entwickelt. Obwohl der Gardasee zu den tiefsten Alpenseen gehört, ist das Becken desselben, wenn man die Tiefe in Verhältnis bringt zur Länge und Breite, doch relativ flach und seicht. Die Temperaturmessungen ergaben auch bei diesem See das bekannte Phänomen des sprungweisen Sinkens der Temperatur in einer gewissen Tiefenschicht; an der Oberfläche betrug die Temperatur 19°, zwischen 20 und 30 *m* Tiefe fiel sie plötzlich von 18° auf 13°; von da nahm sie langsam bis zu 7.7° ab, welche Temperatur sich auf dem Grunde des Sees zeigte.

Der Kopaïssee in Griechenland ist von A. Philippson wiederholt besucht und monographisch geschildert worden [2]). Dieser See

---

[1]) Mitt. des deutschen u. österr. Alpenvereins Nr. 20. p. 255.
[2]) Zeitschrift d. Ges. f. Erdkde. zu Berlin 1894. **29.** p. 1 u. ff.

ist einer der grössten und interessantesten Vertreter der Gruppe der sogenannten Katavothrenseen, jener periodischen Seen oder Sumpfseen, welche des oberirdischen Abflusses entbehren und ausschliesslich durch unterirdische Schlünde (im Neugriechischen »Katavothren« genannt) entwässert werden, die sich im Kalkgebirge ihrer Umrandung bilden. »Fast allen diesen Seen ist eine starke Veränderlichkeit ihrer Wassermenge und damit auch ihrer Spiegelhöhe und Ausdehnung eigen, die bei den meisten, und so auch bei dem Kopaïssee, bis zu zeitweiliger gänzlicher Austrocknung oder wenigstens bis zur Verwandlung in einen Sumpf führt.

Die Ursachen dieser Veränderlichkeit der Katavothrenseen sind mehrfache. Zunächst bewirkt der Mangel eines oberirdischen Abflusses, dessen Schwellenhöhe bei anderen Seen die Höhe des Wasserspiegels annähernd beständig erhält, bei dieser Gattung von Seebecken, dass jede Veränderung der Wasserzufuhr sich unmittelbar in einem entsprechenden Schwanken des Seespiegels äussert. Die Regenmengen sind aber von Jahr zu Jahr verschieden, und daher ist es auch die Höhe des Seespiegels. Zu dieser jährlichen Schwankung kommt aber, besonders in dem subtropischen Mediterranklima, noch eine lebhafte jahreszeitliche Periode. Denn hier hört in der sommerlichen Trockenzeit die Wasserzufuhr fast gänzlich auf, und infolge dessen erlebt der See gegen Ende der Trockenzeit jedesmal ein Minimum seines Wasserstandes.

Eine andere wichtige Ursache aber ist die Veränderlichkeit des Fassungsvermögens der Katavothren, also ein Schwanken in der Menge des Abflusses. Hierbei wirken erstens eine grosse Zahl von Zufälligkeiten mit, welche die unterirdischen Wassergänge bald erweitern, bald verstopfen.

Ausser dieser wechselnden Erweiterung und Verstopfung der Wassergänge spielt sich aber zweitens bei allen diesen Seen ein stetiger Vorgang ab, welcher das Fassungsvermögen der Abflussschlünde verändert. Es ist das die langsame, aber beständige Erhöhung des Seebodens durch die von den Bächen in den See geführten festen Stoffe. So wird jede Katavothre mit der Zeit durch den anwachsenden Seeboden überstiegen; dann stürzt sich das Wasser noch eine Zeitlang mit Gewalt in die schon unter dem Niveau des Seebodens befindlichen Schlünde hinein, grosse Teile des lockeren Erdreiches desselben mit sich reissend. Bald sind dann die Öffnungen der Katavothren ganz begraben und damit für immer ausser Dienst gestellt. Sind die bedeutenderen Katavothren eines Sees auf diese Weise verschlossen, so muss der See steigen, bis sich in einem höheren Niveau neue Katavothren durch die auflösende Kraft des Wassers, das den Gesteinsspalten folgt, gebildet haben. So finden wir neben der jahreszeitlichen Periode des Wasserstandes und neben den Schwankungen von Jahr zu Jahr auch noch starke Veränderungen in längeren, unregelmässigen Zeiträumen, bestehend in einem stärkeren Anstiege des Wassers, dem ein geringeres Fallen und dann eine lange

Zeit verhältnismässiger Ständigkeit folgt. Ausserdem kommen aber auch kurzdauernde gewaltsame Entleerungen und Wiederfüllungen vor, wie sie durch plötzliche Durchbrüche und Verstopfungen einzelner Gänge hervorgebracht werden. Im ganzen geht aber die Entwickelung, infolge des Ansteigens des Seebodens, im Sinne einer beständigen Erhöhung des Seespiegels vor sich, die naturgemäss mit einer Erweiterung des Umfanges und einem Seichterwerden des Sees verbunden ist. Das Endziel wird erreicht, wenn die Seefläche so gross wird, dass die Wasserzufuhr nicht mehr zur Überschwemmung der ganzen Fläche und zum Ersatze der Verdunstung hinreicht. Dann löst sich der See in eine Anzahl von Sümpfen auf, zwischen denen trockene, fruchtbare Ebenen sich ausdehnen, ein Stadium, in welchem sich z. B. die Ostarkadische Hochebene befindet.

Der Kopaïssee befand sich mitten in diesem Entwickelungsgange, als er in den letzten Jahren durch das Eingreifen des Menschen vollständig trocken gelegt wurde.«

Der See empfängt ausser den in ihn selbst fallenden Niederschlägen und den kleineren Trockenbächen der Nord- und Ostseite, die sich nur bei heftigen Regengüssen auf kurze Zeit füllen, von West und Süd eine grössere Zahl ansehnlicher Bäche. »Der bedeutendste ist der Mavropotamos oder Kephissos, der sein Wasser aus den hohen Gebirgen Parnass, Helikon und Öta bezieht und wegen seiner plötzlichen Hochfluten gefürchtet ist; er mündet am Ende der Durduvana mit einem grossen Deltakegel. Die Hauptmündung liegt bei Skripu; bei Hochwasser sendet er aber auch Arme nach rechts, die in den Sumpf von H. Dimitrios münden.«

Der Melas ist der einzige Fluss, der den Boden des Kopaïssees als wirklicher Fluss durchströmt, während alle anderen sich in die Sümpfe verteilen. Das Gewässer, welches die Bucht von Topolias in der trockenen Jahreszeit, wenn der Seeboden dort entblösst ist, und ebenso unverändert noch jetzt, nachdem alle anderen Flüsse abgeleitet sind, in geschlossenem Bette durchzieht, ist ausschliesslich Wasser des Melas, nicht des Kephissos, von dem nur zu gewissen Zeiten ein Teil dem Melas zufliesst. Trotzdem wird dieser Flusslauf von fast allen alten wie neuen Schriftstellern Kephissos genannt.

Der See selbst ist (oder vielmehr war) nicht in der Mitte am tiefsten, sondern am Nord-, Ost- und Südrande. Das Steigen des Sees begann im November nach dem Eintritte der heftigen Herbstregen, und das Wasser erreichte seinen höchsten Stand im Februar oder März. »Dann bedeckte es, vor der Ableitung der letzten Jahre, den ganzen Seeboden als zusammenhängende Wasserfläche, die je nach den Jahrgängen grössere Ausdehnung besass. Die mittlere Höhe des Wasserspiegels um diese Zeit war 97 *m* über dem Meere, die Ausdehnung ungefähr die, wie sie auf unserer Karte erscheint. Oft aber überflutete der See auch Teile der fruchtbaren Ebenen im S und SW. Die Katavothren sind um die Zeit des Hochwassers ganz vom Wasser bedeckt und verraten ihre Existenz nur durch

einen strudelnden Zug in die Tiefe. Der See war aber durchaus nicht eine offene Wasserfläche, sondern die meisten Reisenden schildern seinen Anblick von weitem gleich dem einer üppig-grünen Wiese; erst beim Herannahen erkannte man die Täuschung, die durch die ungeheueren Schilfrohrdickichte hervorgebracht war, welche einen grossen Teil des Sees einnahmen und den Abfluss der Gewässer wesentlich erschwerten. Schilf wuchs aber, wie es scheint, nur in den tiefsten Stellen, die auch im Sommer sumpfig blieben, und da diese nahe am Ufer lagen, konnte man leicht den ganzen See für ein einziges Rohrdickicht halten. — Im Frühjahre begann der See zu sinken. Zuerst traten einzelne unregelmässige braune (schilffreie) Landstreifen hervor, die sich immer mehr zusammenschlossen. Im Hochsommer waren grosse Strecken des Sees, in der Mitte und unmittelbar am Ufer, trocken. Es wuchsen Gräser und Kräuter darauf, und Hirten trieben ihre Herden auf ihnen zur Weide. Das Wasser hielt sich in manchen Jahren in den tiefsten Stellen den ganzen Sommer über; in anderen Jahren wurden auch diese in einen Morast verwandelt oder ganz ausgetrocknet. Ende August war gewöhnlich bei weitem der grösste Teil des Sees trocken; das Minimum an Wasser wurde aber erst im Oktober erreicht. Der See bildete dann eine weite braune Fläche, nur hier und da unterbrochen von einigen grünen Sumpfflecken, von Schilf und anderen Wasserpflanzen bewachsen. Im November begann dann der See sich schnell wieder zu füllen.

Dieses Verhalten des Sees war wohl in der ganzen historischen Zeit im allgemeinen dasselbe. Es wechselte nur in längeren Perioden die Dauer und Höhe der winterlichen Überschwemmungen, und ebenso die mehr oder weniger vollständige Austrocknung im Sommer, je nach der Fassungskraft der Katavothren, wie wir eingangs geschildert haben. Die Zeiten hohen Wasserstandes bestanden also nicht in einem gleichmässigen Hochwasser während des ganzen Jahres, sondern nur in einer Steigerung der winterlichen Hochflut; ebenso die Zeiten verhältnismässiger Einschränkung des Sees in einer längeren Dauer und grösseren Vollständigkeit der Austrocknung im Sommer. Die gelegentlichen verderblichen Überschwemmungen des Sees, von denen uns berichtet wird, waren besonders hohe winterliche Anschwellungen.«

Philippson beschreibt ausführlich die natürlichen Abflüsse des Sees und giebt eine lichtvolle Zusammenstellung der geschichtlichen Nachrichten über den See. Dann wendet er sich zu der Trockenlegung, die 1883 begonnen und jetzt beendigt ist. »Der Kopaïssee ist durch die Trockenlegung jetzt völlig verschwunden, mit Ausnahme weniger Sümpfe, besonders desjenigen an den Melasquellen. Die Schilfdickichte, die ihn bedeckten, sind bis auf kleine Reste verschwunden. Unabsehbar breitet sich die vollständig horizontale, fast vegetationslose braune Fläche aus, auf der man rein gar nichts sieht, auf der daher jeder Massstab für Grösse und Entfernung fehlt. Die Aus-

trocknung ist also technisch vorläufig gelungen. Fast 25000 Hektar des allerfruchtbarsten Bodens sind gewonnen. Nach Durand-Clay kann der Hektar durchschnittlich 2100—7000 *kg* Mais liefern, was einem Nettoertrage von 200—710 Frs. entspricht, oder 1900—2000 *kg* Baumwolle, die einen Reingewinn von 250—775 Frs. abwirft. Das gäbe also einen jährlichen Reinertrag von mindestens 5 Millionen Frs., wenn der ganze Seeboden bebaut ist. — Aber der Erfolg ist, selbst nur in technischer Hinsicht, noch manchen Gefahren ausgesetzt. Zunächst fragt es sich, ob das Ausmass der Kanäle und die Stärke der Deiche gross genug sind, um einer aussergewöhnlichen Hochflut des Kephissos, wie sie sich zuweilen ereignen, Stand zu halten. Ferner würde eine Verstopfung des Tunnels von Karditsa das ganze Becken wieder unter Wasser setzen. Zwar ist bei einem künstlichen Tunnel wegen seiner regelmässigen Gestalt die Gefahr einer Verstopfung weit geringer als bei den unregelmässigen Katavothren; dennoch aber ist sie nicht ausgeschlossen, besonders da die Erdbeben dort so überaus häufig und heftig sind. Eine Verstopfung des Tunnels wäre aber nicht zu beseitigen, ohne dass man das Wasser von ihm abdämmt und so die Seeebene wieder zeitweise überschwemmt. Man thäte wohl gut, einen kleineren Teil der Seeebene durch Eindeichung zu einem Notbassin zu gestalten, in welches man das Wasser aufstauen könnte, bis etwaige Reparaturarbeiten vollendet wären; so könnte man vielleicht die Überschwemmung der ganzen Ebene vermeiden. Jedenfalls benötigt das ganze Werk beständiger aufmerksamer Beaufsichtigung.«

Tiefe und Temperatur des Tiberias-Sees. Gegenüber den Angaben von Mc. Gregor und M. T. Lortet, von denen der erstere die tiefste Stelle des Tiberias-Sees mit 312 *m*, der zweite mit 273 *m* angiebt, fand M. Barrois bei seinen Untersuchungen im Jahre 1890 nur 43—50 *m*. Die den täglichen Temperaturschwankungen ausgesetzte Tiefe beträgt etwa 27 *m*. Die Temperatur des Wassers beträgt bis zu einer Tiefe von 10 *m* 20° C. und fällt dann bis zu 26 *m* auf 17° C., um endlich bis zu einer Tiefe von 43 *m* bei 15° C. zu bleiben [1]).

Die grossen nordamerikanischen Seen sind nur die Überreste eines voreinstigen grösseren Seebeckens. A. C. Lawson hat jüngst die Küste des Lake Superior genau untersucht und eine Anzahl alter Küstenlinien nachgewiesen, welche auf ein vormaliges Seebecken führen, das den heutigen Ober-, Ontario- und Huronsee in sich fasste und ein Areal von etwa 400000 *qkm* bedeckt. Die heutigen grossen Seen sind nur die Reste in den tieferen Bodensenkungen des früheren Seebeckens. Für letzteres schlägt Lawson

---

[1]) Natur 1894. Nr. 3.

den Namen »Lake Warren« vor. Die Strandmarken liegen nicht sämtlich in einem Niveau, sondern in verschiedenen Höhen und zeigen dadurch das successive Zusammenschrumpfen des ursprünglichen grossen Sees an. Nach Lawson bestand ursprünglich im Süden des Lake Warren eine grosse Bodenerhebung, infolge deren auch der Abfluss des Sees nach der Hudsonsbai hin statt hatte, Reste dieses alten Abflusses haben sich noch in einem breiten Flussthale gefunden, nördlich von Lake Superior[1]).

Der grosse Bärensee im arktischen Nordamerika ist von E. Petitot wiederholt besucht, erforscht und beschrieben worden[2]). Der See liegt tief eingesenkt in eine granitische Hochfläche etwa 200 Fuss über dem benachbarten Mackenzie, hat äusserst klares Wasser und ist sehr fischreich. Sein Abfluss, der Télini-Dié, hat viele Katarakte und ergiesst sich in den Mackenziestrom. Den grössten Teil des Jahres hindurch ist der See zugefroren, erst Ende Mai bricht an flachen Uferstellen das Eis auf, indessen schmelzen die Eisschollen niemals gänzlich. Die Umgebung des Sees ist öde, im Norden gebirgig und bewaldet, im Osten mit Heidekraut bedeckt. Die Tierwelt ist zahlreich vertreten, besonders häufig sind Bären, Polarwölfe und Biber, sowie Rentiere.

Ein neuer See im Himalayagebirge[3]). Die Schlucht von Birahi Ganga im Gurhwaldistrikte wird von einem meist kleinen Bergflusse, der aber, besonders wenn die ungeheueren Schneemassen zu schmelzen beginnen oder gegen Ende der Regenzeit, zum reissenden Strome anwächst, durchströmt. Er vereinigt sich 14 *km* unterhalb der Schlucht mit dem Alaknanda, einem Zuflusse des Ganges. Im Jahre 1893 stürzte plötzlich gegen Ende der Regenzeit ein Teil des 1380 *m* vom Thale aufsteigenden, den Meeresspiegel um etwa 3000 *m* überragenden Berges in den Eingang der Schlucht, die infolge dessen durch einen natürlichen Damm von 270 *m* Höhe und etwa 600 *m* Breite (am oberen Ende gemessen) vollständig versperrt wurde. Die Wucht der Masse, die zum Teile von über 1200 *m* Höhe herabfiel, war ungeheuer, und die Erschütterung gleich einem Erdbeben. Die Kraft der bergab sausenden Felsstücke war so gross, dass manche ganz gewaltige Blöcke eine beträchtliche Strecke an der gegenüberliegenden Bergseite emporrollten. Weithin war alles mit Staub bedeckt, der wie eine Wolke den Himmel verfinstert haben soll. Die Wasser des Birahi Ganga stauten sich und haben einen See gebildet, der 800—2400 *m* breit, 45 *m* lang ist mit einer Tiefe von 180 *m*. Die Wassermasse stieg täglich etwa 30 *cm*, was sich bei dem Eintritte der Regenzeit verdoppelt oder verdreifacht haben wird.

---

[1]) Geol. and. Natur. Hist. S. of Minnesota **20.** 1891. p. 181.
[2]) Petitot, Exploration de la région du grand lac des ours. Paris 1893.
[3]) Gaea 1894. p. 758.

Die Moore am Fusse der hohen Tatra schildert Dr. F. Filarsky[1]). Die Moore treten daselbst bis in 600 *m* Seehöhe auf. Am ausgedehntesten (6—8 Quadratmeilen) sind die im Nordwesten der hohen Tatra liegenden Borysümpfe, deren 2—2½ *m* mächtigen Torflager zahlreiche Baumstämme einschliessen. Kleinere Moore finden sich zahlreich in den Kesseln, an sanften Abhängen und in den Thälern der Bäche, an Stellen alter Flussbetten oder eingegangener Seen. Im Westen treten sie in grösserer Ausdehnung auf, als Röhricht- oder Wiesenmoore, so das Moor von Rokucz am rechten Ufer des Schwarzwassers, dessen Torf abgebaut wird. Viele Moore, besonders in den höheren Teilen des Gebirges, sind noch niemals von Menschenhand berührt worden.

12. Gletscher und Glazialphysik.

Die Temperatur des fliessenden Wassers zur Zeit der Eisbildung ist von J. F. Bubendey im Januar und Februar 1892 im tiefen Fahrwasser der Norderelbe bei Hamburg untersucht worden[2]). Aus diesen mit allen Vorsichtsmassregeln angestellten Beobachtungen ergiebt sich folgendes:

Die Temperatur des fliessenden Wassers ist zur Zeit der Eisbildung sowohl bei Frostwetter wie auch bei Tauwetter innerhalb des gesamten Wasserquerschnittes nahezu gleich. Bei Tauwetter hat das Wasser an der Oberfläche und bei anhaltendem Frostwetter das Wasser an der Sohle des Flusses die niedrigere Temperatur. — Bei anhaltendem Frostwetter liegt die Wassertemperatur dicht über dem Gefrierpunkte. Das Vorhandensein von Treibeis übt auf diese Erscheinung keinen wesentlichen Einfluss aus, es erhält aber die Gesamttemperatur des Wassers auch bei Tauwetter dicht am Gefrierpunkte, während bei eisfreiem Strome und Tauwetter die Wassertemperatur in schnellerem Masse steigt.

Die Bildung von Grund- und Siggeis ist von Słowikowski in Warschau eingehend studiert worden, und E. Romer giebt aus dessen in russischer Sprache erschienenen Abhandlung einen das Hauptsächlichste umfassenden Auszug[3]).

Die Beobachtungen geschahen 1891 und 1892. Zur Erläuterung ist zu bemerken, dass Warschau durch filtriertes Weichselwasser versorgt wird, und dass die Saugröhren im festen Niveau beinahe dicht über der Flusssohle unweit der Alexanderbrücke sich befinden. Hier stellte Słowikowski seine Temperaturbeobachtungen an, und der hemmende Einfluss, welchen das Sigg- und Grundeis auf das Saugen der Pumpwerke hervorrief, gab ihm die günstigste Gelegenheit zur Beobachtung des seltsamen Phänomens.

---

[1]) Jahrb. d. ungar. Karpathenvereins **20.** 1893. p. 22 u. ff.
[2]) Ann. d. Hydrographie 1894. 1. Heft. p. 1 u. ff.
[3]) Ann. d. Hydrographie 1894. 3. Heft. p. 105 u. ff.

»Als das Weichselwasser in seiner ganzen Mächtigkeit während einer längeren Frostperiode bis nahe zum Nullpunkte sich abgekühlt hatte, entstand in der ganzen Wassersäule eine Masse von Eiskristallen und Eisnadeln, welche, mit dem Wasser in die Röhren hineingesaugt, manchmal das ganze Gewerk ins Stocken brachten; die Pumpen und Röhren mussten dann von den eingedickten Eisklumpen gereinigt werden. Doch brachte das Siggeis selten solche Wirkungen zu stande, und nur mehr oder weniger namhafte Unregelmässigkeiten des Saugens wurden bei der Siggeisbildung beobachtet.

Dass das Siggeis sich wirklich in der ganzen Wassermasse zugleich bildet, bewies das Verhalten einer anderen Röhre aus Gummi, die bei den alten Wasserleitungen im Falle einer Verstopfung der Hauptröhre benutzt wurde.

Mochte die Röhre in jedem möglichen Niveau ins Wasser eingesenkt werden, die Eisnadeln drangen immer in die Pumpen, und man wusste schon aus längerer Erfahrung, dass während der Eisbildung die Arbeit und Kontrolle verdoppelt werden muss.

Ganz andere Erscheinungen rief in den Saugröhren die Grundeisbildung hervor.

Nach Beobachtungen von Słowikowski, die im grossen ganzen mit denen anderer Forscher übereinstimmen, bildet das Grundeis eine schwammige Masse von Sand, Geröll und Wasser, die nicht nur am Grunde haftet, sondern auch alles, gute und schlechte Wärmeleiter: Stein und Eisen, Holz und Beton u. a. deckt. Die Mächtigkeit beträgt bis zu zwei Fuss, in Ausnahmefällen aber erreicht sie ganz fabelhafte Grössen. Dies wurde eben in den Jahren 1885 und 1886 beobachtet. Ein Schiffszeug mit einer Dampfmaschine (Lokomobile) von 16 P.S. (Pferdestärke) und mit einer zentrifugalen Pumpe arbeitete bei der Anlage der Saugröhre. Während einer Nacht blieb das Fahrzeug auf einer Grundeisunterlage stecken, und als am nächsten Tage das Wasser merklich fiel, blieb es auf der Eisinsel liegen. Wie dicht aber in diesem Falle die Eismasse war, zeigt der Umstand, dass sie zur Stütze für Balken dienen konnte, auf welchen das Schiff aufs Land gebracht wurde.

Die Grundeisbildung hört auf, sobald die Eisdecke auf dem Wasser lagert. In dem Falle soll nach Słowikowski der Grundeismantel sich vom Grunde lösen und mit der Eisdecke zusammenfrieren.

Kehren wir wiederum zu den an den Saugröhren gemachten Beobachtungen zurück.

Der Hauptunterschied bestand bei der Grundeisbildung darin, dass das Eis nicht in Form von Kristallen und Nadeln mit Wasser in die Röhren hineingesaugt wurde, sondern dass die zahlreichen (ca. 3000) Löcher der Saugröhre mit einem Eismantel bedeckt wurden, der einfach jedes Saugen verhinderte. Das Entfernen des

Eises von der Öffnung der Röhre wurde schon deswegen unmöglich, weil der Mantel sich bereits in einer halben Stunde neu bilden konnte.

Die Eiskruste wurde dann meist durch Gegendruck beseitigt, aber auch diese Massregeln führten nicht immer zum erwünschten Ziele, und bei kräftiger Grundeisbildung musste öfters die Bewegung der Pumpen eingestellt werden. In solchen Fällen schaffte man in den Jahren 1887 und 1888 das Wasser nicht direkt vom Flusse her, sondern nur von den künstlichen Bassins, die zwar mit dem Flusse in Verbindung standen, aber stehendes Wasser hatten. Man dachte in den Bassins mit stehendem Wasser wird eine Wärmeschichtung eintreten, und diese die Grundeisbildung verhindern. Dies hat sich indessen nicht voll bewahrheitet. Zwar war das Saugen ganz regelmässig, bis die Öffnung der Röhre nicht geschützt wurde; da aber hierbei Holz, Blätter u. a. hineingesaugt wurden, hat man die Öffnung der Saugröhre mit einem geräumigen Korbe aus Faschinen umgeben. Die Grundeisbildung begann aber in demselben Momente in so starkem Masse, dass man gezwungen war, den Korb niederzureissen.

Diese Erfahrung lehrt, dass auch stehendes Wasser sich in seiner ganzen Masse bis nahe zum Nullpunkte abkühlen kann, und dass schon eine winzige Ursache die Grundeisbildung hervorzurufen im stande ist. Es ist zwar dadurch noch nicht der Beweis erbracht, dass in allen, auch nicht mit fliessendem Wasser kommunizierenden Seebecken das Grundeis iich bildet. Diese Frage ist noch ganz offen, und es unterliegt keinem Zweifel, dass die Beobachtungen in stehenden Gewässern uns einen Aufschluss über die dunkeln Ursachen der Bildung des Eises geben könnten.«

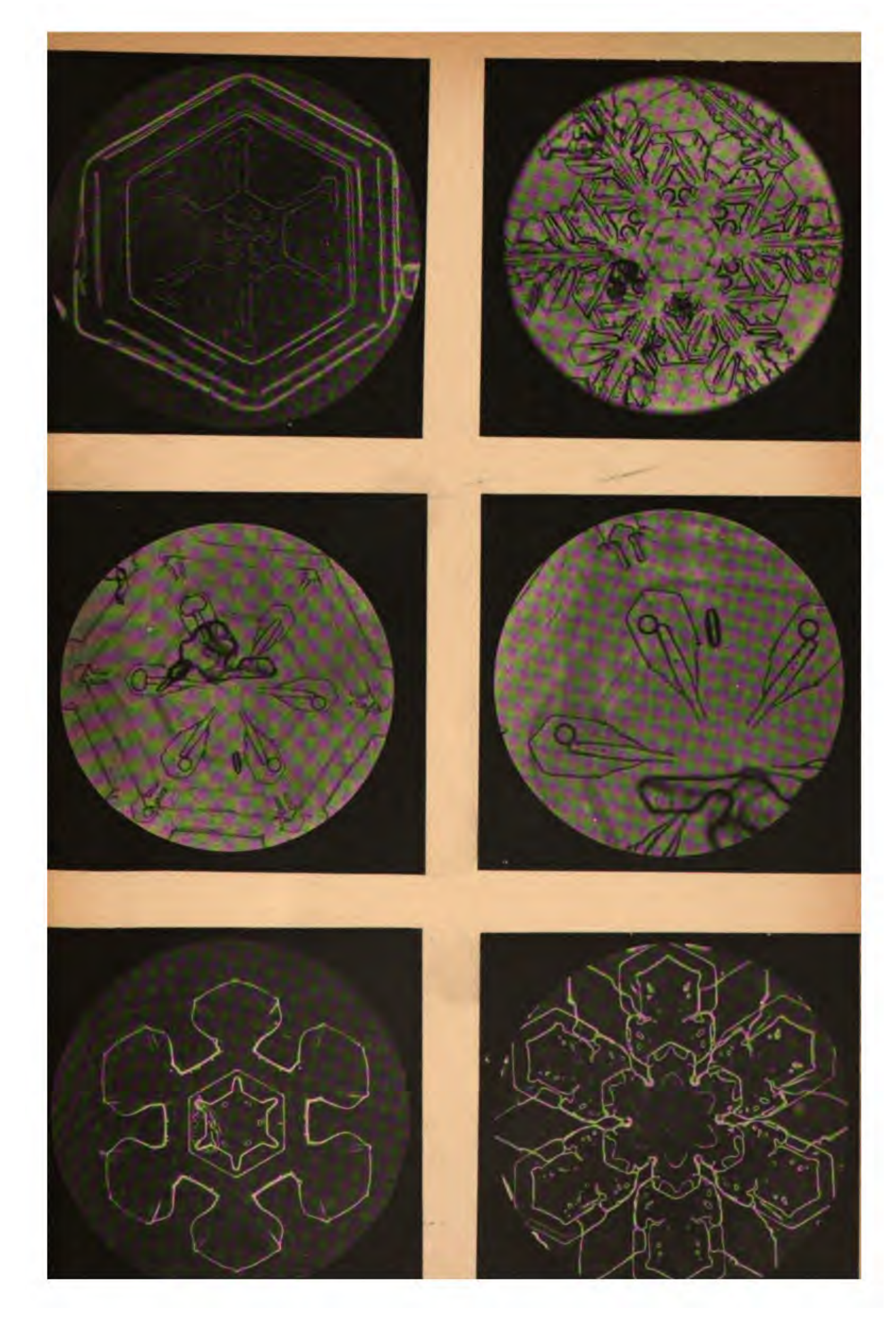
Die Endmoränen Mecklenburgs sind von Prof. Dr. E. Geinitz-Rostock[1]) genau studiert worden. Sie schliessen sich einerseits an die Vorkommen in der Mark an und dürften anderseits in diejenigen in Holstein verlaufen. Es sind vier, im allgemeinen von SO nach NW sich erstreckende Endmoränen, von denen die beiden mittleren fast ohne Unterbrechungen, die beiden anderen nur stückweise verfolgt werden können. »Wenn man mit Klockmann die Region des baltischen Landrückens als das Gebiet des oberen Geschiebemergels ansieht und die Südgrenze der zweiten Vereisung im allgemeinen in der grossen Niederung des Baruther und unteren Elbthales sieht, so dürfte man annehmen, dass die Südgrenze der zweiten Vereisung nicht sehr weit südwärts über unsere äusserste südliche Endmoräne sich erstreckt hat. Dieselbe würde naturgemäss keine zusammenhängende Kette zu bilden brauchen, oft nur aus blockreicher Grundmoräne bestehend. Die anderen drei mecklenburgischen Endmoränen

[1]) Mitteilungen aus der grossherzogl. mecklenb. geol. Landesanstalt **4.** 1894. Rostock.

(von denen die nördlichste am wenigsten deutlich entwickelt ist) entsprechen späteren staffelartigen Stillständen im Rückgange des Eises«. Von den beiden gut entwickelten mittleren Endmoränen ist die nördlichere (nördliche Hauptmoräne) auf eine Erstreckung von 225 *km*, die südlichere (südliche Hauptmoräne) 210 *km* weit von Prof. Geinitz verfolgt worden. Etwa 30 *km* voneinander entfernt, verlaufen sie, ziemlich parallel, auf dem nördlichen und südlichen Rande der Seenplatte. Sie bestehen aus Bogenstücken, an deren Schnittpunkten oft Längsmoränen, auch solche Os-artigen Charakters auftreten. Diese letzteren, wie überhaupt die Osar, sind daher nach der Bewegungsrichtung des südwestlich bis südlich fliessenden Eises gestreckt. Mehr oder weniger bedeutende Abweichungen von dieser Richtung sind wohl auf lokale Ursachen zurückzuführen; indessen mögen in der Nähe des Eisrandes einzelne Wallberge auch in offenen Längsspalten gebildet worden sein. Die früher von Prof. Geinitz beschriebenen 10 »Geschiebestreifen« — an Geschieben besonders reiche Zonen — sind z. T. Endmoränen, z. T. Grundmoränen. — »Dass die Endmoränen allgemein gerade den höchsten Punkten aufsitzen, hierbei aber keineswegs überall dasselbe Niveau über dem Meeresspiegel innehalten (ihr Niveau schwankt zwischen 40 *m* und über 120 *m*), hat wohl seinen Grund darin, dass der Eisrand in der Abschmelzperiode bis hierher, wo die höchsten Erhebungen des alten Untergrundes vorlagen, vordringen konnte und hier einen längeren Stillstand erfuhr. Die sehr wechselnde Meereshöhe jener Endmoränen spricht wohl gegen die Auffassung, als sei der baltische Höhenrücken durch Druckverminderung nach der Eisbefreiung aufgepresst. Dass die Seenplatte eine Zeitlang etwa selbständige Gletscherreste getragen habe, die nur nach SW und NO herabstiegen, ist nicht anzunehmen; der Höhenzug war zu schmal (30 *km*) und zu niedrig, um einen einigermassen selbständigen Eisrest konservieren zu können, vor allem spricht aber auch gegen diese Annahme die nach SW ausgebogene Linie der nördlichen Hauptmoräne, die ja in diesem Falle gerade umgekehrt ausgebuchtet sein müsste.« An ihrem nordwestlichen Ende zeigt die nördliche Hauptmoräne eine auffallende Parallelität mit der buchtenreichen Küste, und zwar sind, wie die Lagerungsverhältnisse es deutlich erweisen, die Buchten »in ihrer jetzigen Form nicht durch die Eiszungen ausgehobelt und an ihren Rändern aufgestaut, sondern sie stellen die durch die positive Strandlinienverschiebung (oder Landsenkung) unter Wasser gesetzten niedrigen Teile des ehemaligen Landes dar.«

Die Gestalten der Schneeflocken bei sehr niedrigen Temperaturen sind von G. Nordenskjöld untersucht worden[1]). Er bediente sich dabei mikroskopischer Vergrösserungen von 25- bis 50-fach und der Fixierung der Bilder mittels Photographie. Eine An-

[1]) Meteorologische Zeitschrift 1894. p. 346.



zahl merkwürdiger Formen, welche auf diese Weise erhalten wurden, ist auf Tafel III wiedergegeben. Im allgemeinen unterscheidet er folgende Typen: I. Kristalle, die in der Richtung der vertikalen Axe entwickelt sind, und zwar a) hexagonale Prismen; b) flaschenförmige Prismen; c) Nadeln. II. Tafelförmige Kristalle, und zwar: a) hexagonale Tafeln; b) sternförmige Tafeln; c) dendritische Tafeln. III. Kristalle, die gleichförmig nach den vertikalen und seitlichen Axen entwickelt sind.

Die von Nordenskjöld photographierten Schneekristalle zeigen eine bei weitem grössere Regelmässigkeit ihrer Ausbildung als die Photographien von Neuhaus in Berlin, welche in Prof. Hellmann's prächtigem Buche[1]) reproduziert sind. Zweifellos ist dies der niedrigeren Temperatur, bei welcher Nordenskjöld seine Aufnahmen machte, zuzuschreiben, denn auch die von Sigson in Rybinsk (Russland) bei sehr niedrigen Temperaturen (und windstiller Luft) erhaltenen Photographien zeigen eine sehr vollkommene und regelmässige Ausbildung. Mit sinkender Temperatur nimmt auch die Grösse der Schneekristalle ab. Prof. Hellmann fand durch Messungen an den Photogrammen folgende Mittelwerte für die Durchmesser der Schneekristalle:

Temperatur	Wasserdampfgehalt	mittlerer Durchmesser
—6°	3.2 *g*	3.4 *mm*
—8°	2.7 »	2.2 »
—12°	2.0 »	1.2 »

Hieraus erklärt sich nach ihm die ausserordentliche Kleinheit vieler polaren Schneeformen, sowie deren geringe Ergiebigkeit an Schmelzwasser. Auch fand er, dass mit abnehmender Temperatur die Häufigkeit der Plättchenform zu-, diejenige der Sternform dagegen abnimmt. Das langsame Herabfallen der Schneekristalle erklärt sich aus ihrem geringen Gewichte (das zwischen 0.02 und 0.0006 *g* variiert); erst wo sich mehrere Kristalle zu einer Schneeflocke vereinigen, nimmt die Fallgeschwindigkeit merklich zu. »Ganz reguläre Schneekristalle schweben bei ruhigem, windstillem Wetter gewöhnlich so langsam herab, dass ihre Hauptfläche horizontal bleibt; unsymmetrisch gebaute dagegen fallen mit der schwereren Spitze nach vorn.« Die Grösse der Schneeflocken variiert zwischen 0.5 und 2, höchstens 3 *cm*, grössere sind sehr selten. Am 7. Januar 1887 fielen zu Chepston Schneeflocken von 6.5—9 *cm* Länge, vereinzelt wurden sogar solche von 12 *cm* gesehen.

Über die Erscheinungen, welche die Lawinen darbieten, verbreitete sich V. Pollack in der geographischen Sektion der Wiener Naturforscherversammlung. Er erwähnte, dass in der bisherigen Litteratur vieles Unrichtige diesbezüglich vorhanden, und dass er seit einer Reihe von Jahren auf der Arlbergbahn mit Studien und

[1]) Schneekristalle, Beobachtungen und Studien von Prof. Hellmann. Berlin 1893.

Arbeiten für Lawinenschutz und gegen Steinstürze beschäftigt sei, wodurch er in die Lage kam, viele einschlägige Beobachtungen nicht bloss im Thalgrunde, sondern insbesondere in den schwer zugänglichen Ausbruchsgebieten zu machen. Die eigentliche Dynamik des Schnees ist noch wenig behandelt. Naturbeobachtung und Experiment würden sich hier wohlthätig unterstützen. Gering sind noch die Kenntnisse über den gewöhnlichen Böschungswinkel des Schnees, seine Beziehungen zur Dichte, Unterlage u. s. w. Am Arlberge wurden die ersten Vorversuche über den Reibungskoeffizienten von Schnee auf Rasen und auf Schnee durchgeführt, welche Werte von 0.62—1.38 ergaben, welch letzterer Wert einem Winkel von 57 Grad entsprechen würde. Auf die Bewegungen des Schnees übergehend, erläuterte er unter Vorzeigung vieler von ihm unter den schwierigsten Verhältnissen in den Lawineneinbruchsgebieten aufgenommener gewöhnlicher und Telephotographien viele Details über Anbrüche von Lawinen und wies nach, dass das Abbrechen von Schneeschildern als Lawinenursache bisher in keinem einzigen einwurfsfreien Falle konstatiert werden konnte. Wo wirklich das Abbrechen von Schildern, kleine Abrollen von Schnee u. dergl. eine veranlassende Rolle spielen sollten, müssten die allgemeinen Verhältnisse bereits derartig geworden sein, dass nur mehr die letzte zurückhaltende Faser reisst.

Alpengletscher ohne Oberflächenmoränen. Die Behauptung, dass eine Reihe von Gebirgsgletschern, denen Grundmoränen eigentümlich sind, der Oberflächenmoränen entbehren, wird von Dr. C. Diener als irrig dargestellt[1]). Er weist nach, dass u. a. die von Penck zu Gunsten jener Behauptung beigebrachten Beispiele unzutreffend sind, und kommt zu dem Schlusse, dass von keinem unter die klimatische Schneelinie herabgehenden Hängegletscher der Alpen, soweit über diesen Gegenstand Angaben in der Litteratur vorliegen, der Nachweis eines Fehlens der Oberflächenmoränen bei gleichzeitiger Anwesenheit von Grundmoränen bisher erbracht wurde. Anders lägen die Verhältnisse wohl für die sogen. Plateaugletscher, die aber, der orographischen Gestaltung der Hochregion eines Kettengebirges entsprechend, in den Alpen nur vereinzelte Ausnahmen von dem normalen Gletschertypus bilden.

Über Eisreservoire und Eiskegel im Pamirgebiet berichtet Dr. Sven Hedin[2]). Die Eisreservoire werden im Vereinigungspunkte mehrer Thäler durch das Wasser eines von schmelzendem Schnee und Quellen stammenden Baches gebildet, der im Winter gefriert. Anfangs November fängt die Eisbildung an, und erst Mitte Juni ist das Eis geschmolzen, an einigen Stellen schmilzt es überhaupt nicht. Am südlichen Ufer eines solchen Eisreservoirs kam eine Quelle

---

[1]) Petermann's Mitteilungen 1894. p. 269.
[2]) Ztschr. d. Ges. f. Erdkunde in Berlin 1894. **29.** Nr. 4. p. 310 u. ff.

hervor, deren Wasser + 0.9 ° C. Temperatur hatte. »Am nördlichen Ufer befanden sich zwei Quellen, die zwei typische »Eisvulkane« gebildet hatten, welche 50 *m* voneinander entfernt waren. Der östliche hatte eine Höhe von 5 *m*, einen Umfang von 68 *m* und Fallwinkel von 19 bis 22°. In der Mitte oben war eine »Kratermündung« gelegen, von welcher vier Spalten ausgingen; diese hatten oben eine Breite von fast 1 *m*, wurden aber nach unten immer schmäler; sie waren teilweise wieder mit weissem, luftreichem Eise gefüllt. Der »Vulkankegel« selbst bestand dagegen aus reinem, hellgrünem Eise, in welchem man unzählbare dünne Schichten von Zeit zu Zeit ausgetretenen und gefrorenen Wassers beobachten konnte. Auch die Kratermündung war jetzt zusammengefroren, und kein fliessendes Wasser war zu sehen: also ein »erloschener Vulkan«. Ein Eisarm vereinigte, ganz wie ein »Lavastrom«, den Vulkan mit dem See. Der Kegel war regelmässig konisch. Der westliche Vulkan war 8 *m* hoch, hatte 206 *m* im Umfange und bestand aus zwei verschiedenen Kegeln über einander; der untere war sehr flach, hatte nur 5° Fallwinkel und bestand aus weissem Eise, der obere war kuppelförmig, hatte bis 30° Fallwinkel und 20 *m* Durchmesser und bestand aus reinem Eise. Er war von einem Netzwerke konzentrischer und radialer kleiner Spalten durchsetzt. Auch hier war die Kratermündung zusammengefroren, und das Wasser hatte einen neuen Abfluss durch eine Spalte an der Seite gefunden, wo es — 0.3° Temperatur hatte. Die Kirgisen erzählten, dass hier jeden Winter zwei ähnliche Vulkane gebildet werden, die jedoch früh wegschmelzen dieses Jahr waren sie aber grösser als gewöhnlich.«

Schneegrenze und Gletscher im Zentralhimalaya. Carl Diener berichtete über seine Beobachtungen der Gletscher und das eigentümliche Verhalten der Schneegrenze auf der nördlichen und südlichen Abdachung des Himalaya[1]).

Durch Hooker, Strachey, die Brüder Schlagintweit u. a. ist bekannt, dass die Schneegrenze auf der Südseite des Himalaya ungeachtet der höheren Temperatur infolge der reichlicheren Niederschläge tiefer liegt als auf den nördlichen Abhängen, die an das kalte, aber niederschlagsärmere Hochland von Tibet grenzen. Diese von allen Beobachtern konstatierte Thatsache fand Diener auch im Zentralhimalaya bestätigt. »Keineswegs zutreffend ist dagegen die Vorstellung, der man ab und zu begegnet, als ob an der wasserscheidenden Kette selbst oder überhaupt an einer einzelnen Kette des Gebirges eine solche Differenz in der Schneegrenzhöhe zu Gunsten des südlichen Abhanges sich geltend machen würde. In jeder einzelnen Kette reicht vielmehr die Schneelinie auf den gegen Norden exponierten Gehängen tiefer herab als auf der Südseite. Dieser

[1]) Deutsche Rundschau für Geographie u. Statistik **16.** 1894. Heft 4. p. 145 u. ff.

Unterschied in einer einzelnen Kette zu Gunsten der nördlichen Exposition, der ja einer ganz allgemein verbreiteten und sich direkt aus den Insolationsverhältnissen ergebenden Erscheinung entspricht, wird aber mehr als aufgewogen durch den Unterschied der Lage der Schneegrenze in der gegen Norden zunächst folgenden Kette. Zwar verläuft auch an dieser die Schneelinie auf der Nordseite weniger hoch als auf der Südseite, aber doch schon um ein beträchtliches höher als auf der Südseite der vorigen Kette. Während daher in jeder einzelnen Kette die Schneelinie der herrschenden Regel folgend auf den nördlichen Abhängen tiefer liegt, verläuft sie gleichwohl, wenn man das Gebirge im ganzen betrachtet, auf der tibetanischen Seite in erheblich bedeutenderer Höhe als auf der indischen Abdachung.

»Da in der nördlichen, sedimentären Zone des Zentralhimalaya die absolute Höhe der Gipfel erheblich hinter jener der Kulminationspunkte der südlichen, kristallinischen Zone zurückbleibt, während gleichzeitig die Schneegrenze aufwärts rückt, so erscheint es begreiflich, dass das Gletscherphänomen in der kristallinischen Zone des Hochgebirges eine ungleich grossartigere Entfaltung erreicht. Im Zentralhimalaya sind insbesondere die Massive der Nanda Devi (7820 *m*) und des Kamet (7755 *m*) durch die Entwickelung mächtiger Gletscher ausgezeichnet. Der bedeutendste unter allen Eisströmen des Zentralhimalaya ist der Milamgletscher, dessen Eisthor die Goriganga entquillt. Er endet nordwestlich von Milam, der höchsten, nur während der Sommermonate bewohnten Ortschaft in Kumaon, in 3456 *m* Meereshöhe und steht mit einer Länge von 19 *km* hinter dem Aletschgletscher, dem grössten Alpengletscher, an Ausdehnung nur wenig zurück. Charakteristisch ist die verhältnismässig beschränkte Ausbreitung des Firnbeckens und die ungewöhnlich lange, aber schmale Gletscherzunge, in die von beiden Abhängen aus zehn Seitenschluchten ebenso viele tributäre Firn- und Eiszuflüsse einmünden. Die letzteren sowohl als die Zunge des Hauptgletschers besitzen bei sehr geringem Gefälle nur unbedeutende Spaltenbildung, während der höheren Partien des Firngebietes durch eine alle ähnlichen Vorgänge in den Alpen weit überbietende Zerklüftung, durch eine Ausbildung von Séracs und Hängegletschern im grossartigsten Massstabe ausgezeichnet erscheinen. Die seitlichen Zuflüsse des Milamgletschers werden zumeist von hohen, steilen Felswänden umrahmt, die in kühngeformten, den Aiguilles der Montblancgruppe vergleichbaren Granit- und Schiefernadeln gipfeln. Die Masse des von diesen Steilhängen unter dem Einflusse der reichlichen Niederschläge und der Verwitterung sich ablösenden Materials ist so bedeutend, dass die Gletscherzungen beinahe ihrer ganzen Erstreckung nach mit Moränenschutt bedeckt sind. Auf dem Wege von Milam zum Shangaskund (3905 *m*), ist der Eiskörper des Milamgletschers auf eine Länge von 6.4 *km* unter den darüber aufgehäuften Massen von Oberflächenmoränen fast nirgends sichtbar.

Ähnliche Verhältnisse wie der Milamgletscher bieten auch andere grössere Eisströme des Zentralhimalaya, so die beiden Raikanagletscher in der Gruppe des Kamet, deren nördlicher eine Länge von 14.5 *km* erreicht, oder die Gletscher des Bambadhurakammes an der rechten Seite des Lissarthales.

»Eigenartige, der Hochregion der Alpen zum Teile fremde Erscheinungen weist auch die Art der Firnbedeckung in den obersten Partien des Gebirges, dem eigentlichen Nährgebiete der Gletscher auf. Die das Firnbecken umschliessenden Berghänge sind noch bei einem erheblich grösseren Neigungswinkel als in den Alpen mit Firn, beziehungsweise Hochschnee bedeckt. Die Firnhülle dieser Steilhänge aber erscheint durch einen Wechsel paralleler oder nach unten mehr oder weniger stark verzweigter Firnrippen und tief eingeschnittener Rinnen in einer Weise gegliedert, wie man sie in der Schweiz nirgends zu beobachten Gelegenheit hat. Firnhänge von ungewöhnlicher Steilheit, wie jene am Absturze der Viescherhörner im Berner Oberlande gegen den Unteren Grindelwaldgletscher, zeigen wohl Andeutungen dieses Phänomens, das jedoch im Himalaya in einer Intensität entwickelt ist, dass es für den landschaftlichen Eindruck der Firnszenerie geradezu massgebend erscheint. Auch an den grossen Schneebergen des Kaukasus scheint dasselbe, wie einige Photogramme von Sella erkennen lassen, allerdings in geringerem Masse, aufzutreten. Die merkwürdigsten Firnrippen dieser Art sah Verf. an der Nordseite der Gori-Parbat (6750 *m*) in der Manakette zwischen den Thälern der Dhauli- und Vishnu-Ganga, wo jeder Firnhang durch Rippen und tief ausgefegte Lawinenrinnen, die wie Kanellierungen an einer griechischen Säule herabliefen, in der regelmässigsten Weise gegliedert war. Verf. glaubt, die Entstehung dieser Berippung der Firnhänge im wesentlichen auf die Ausfurchung der die Rippen trennenden Kanäle durch Lawinenstürze zurückführen zu sollen. Zu den letzteren giebt wohl das Abbrechen der die Grate, namentlich auf der Nordseite allenthalben überwölbenden Wächten die häufigste Veranlassung. Diese Wächten erreichen mitunter riesige Dimensionen. Bei jenen an der Nordseite des Jandi oder in der Umrandung des Sitpanigletschers beispielsweise dürfte die Ausladung kaum unter 40 *m* betragen.«

Auch die Gletscher des Zentralhimalaya scheinen die letzte grosse Rückzugsperiode der Alpengletscher, deren Einfluss übrigens auch an den Gletschern Zentralasiens konstatiert wurde, geteilt zu haben. Ob die meisten derselben gegenwärtig noch im Rückzuge begriffen sind, konnte Verf. nicht mit Sicherheit ermitteln. Ohne Zweifel aber befanden sie sich noch vor einer verhältnismässig kurzen Zeit auf dem Rückzuge. Für diese Thatsache vermag er eine Reihe von Belegen namhaft zu machen. Wie ihm von Seite der Eingeborenen versichert wurde, sind ferner mehrere in früheren Jahren viel begangene Gletscherpässe durch die infolge der Abschmelzung der Firnfelder eingetretene Bildung von Séracs und Klüften ungangbar geworden.

Einen schlagenden Beweis bot endlich die Entdeckung einiger ausgezeichneter Gletscherschliffe am rechten Ufer des Bamlasgletschers in einer Höhe von 5 bis 10 *m* über der Eisoberfläche. Schon Griesbach hat auf die ausserordentliche Seltenheit des Vorkommens von Gletscherschliffen und geschrammten oder gekritzten Geschieben an den Gletschern des Himalaya hingewiesen. Er ist der Ansicht, dass die rasche Verwitterung des Gesteines unter dem Einflusse der sehr beträchtlichen Niederschläge alle derartigen Bildungen in kürzester Zeit zerstören muss. Wenn man im Zentralhimalaya gut erhaltene Gletscherschliffe mit deutlichen Kritzen findet, so darf man wohl mit Recht auf ein jugendliches Alter derselben schliessen. Die Schliffe am Rande des Bamlasgletschers dürfen demgemäss als ein Beweis dafür gelten, dass ihre Entblössung vom Eise erst seit wenigen Jahren stattgefunden hat. Griesbach erwähnt ausdrücklich, dass er auf seinen Wanderungen in der Hochregion des Zentralhimalaya niemals ein gekritztes oder geschrammtes Geschiebe gefunden habe. Verf. konnte sich jedoch von dem Vorkommen solcher Geschiebe in der Grundmoräne des Topidungagletschers im Girthithale überzeugen. Dagegen ist es allerdings richtig, dass in den modernen, wie in den älteren Glazialablagerungen Grundmoränen so gut wie gar keine Rolle spielen. Bemerkenswert ist auch der Mangel an Reliefformen, die man auf glaziale Erosion zurückführen könnte. Nicht nur treten typische Karbildungen in der kristallinischen Zone des Gebirges sehr zurück, es fehlen auch vollständig jene Scharen kleiner Hochseen, wie sie in den Alpen oder Pyrenäen an die Umgebung des vergletscherten Terrains geknüpft sind. Die wenigen Hochseen, die Verf. in der Hochregion des Zentralhimalaya kennen gelernt hat, sind entweder Moränenseen wie Shangaskund, oder Einsturzbecken, wie jene in den oberjurassischen Spiti Shales auf der Strecke Laptal-Shalshal. Die Spiti Shales sind nämlich durch ihren Reichtum an Alaun und Gips ausgezeichnet, durch deren Auflösung Höhlungen gebildet werden, deren Einstürze dann zur Entstehung kleiner abflussloser und mit Teichen und Seen erfüllter Becken Anlass geben.

Von älteren Ablagerungen glazialen Ursprungs im Zentralhimalaya findet man teils Oberflächenmoränen, aus einem Haufwerke von Grus und scharfkantigen oder gerundeten Blöcken bestehend, teils Glazialschotter. Beide sind in der Regel derart verfestigt, dass sie der Denudation genügenden Widerstand leisten, um durch die atmosphärischen Niederschläge eine Auflösung in Erdpyramiden und Pfeiler von mehr oder minder bizarrer Form zu erfahren.«

Die heutige und die pleistocäne Eisbedeckung der Erdoberfläche ist von Warren Upham behandelt worden [1]). Er findet, dass die pleistocäne Eisbedeckung Nordamerikas sich über ein Areal von 10 400 000 *qkm* ausgedehnt hat, diejenigen Skandinaviens über

[1]) Bull. Geol. Soc. America 1893. **4.** p. 191.

ein solches von 5 200 000 *qkm*. Die heutige antarktische Eismasse bedeckt nach Wyville Thomson's Schätzung ungefähr 11 700000 *qkm*, das Inlandeis Grönlands etwa 1 550 000 *qkm*. Die Erosion, welche der Muirgletscher in Nordamerika bewirkt, beträgt nach genauen Untersuchungen jährlich 8.5 *mm*, d. h. um diesen Betrag wird durchschnittlich das ganze von ihm bedeckte Gebiet von 900 *qkm* jährlich erniedrigt. Die pleistocäne Eisdecke Nordamerikas zwischen dem Lawrencestrome und der Hudsonsbai wird zu 3200 *m* berechnet. Nimmt man den Erosionsbetrag des Muirgletschers als normalen Betrag an, so würde die pleistocäne Glazialerosion und die daraus resultierende Sendimentbildung nur einen Zeitraum von 10 000 bis 20 000 Jahren beansprucht haben. Überhaupt hält Upham daran fest, dass die Dauer der Eiszeit im Vergleiche zur Dauer der geologischen Perioden nur kurz war, vielleicht 10 000 Jahre oder ähnlich; auch glaubt er nicht an wiederholte Eiszeiten, sondern hält dafür, dass die Glazialperiode am Schlusse der Tertiärzeit infolge einer Hebung eingetreten und das Abschmelzen des Eises durch Senkung der Erdoberfläche veranlasst worden sei. Das Ende der Eiszeit liegt nach Upham etwa 10000 Jahre hinter der Gegenwart.

Die Vergletscherung des Riesengebirges zur Eiszeit. Professor J. Partsch, der vor zwölf Jahren in seinem Buche: »Die Gletscher der Vorzeit in den Karpathen und in den Mittelgebirgen Deutschlands«, einen für die damalige Zeit höchst wichtigen Beitrag zur Glazialgeologie gegeben hat, hat seitdem die Glazialerscheinungen im Riesengebirge einer sehr eingehenden Untersuchung unterworfen und die Ergebnisse derselben veröffentlicht[1]). Er kommt zu dem Ergebnisse, dass die Moränensysteme, welche aus verschiedenen Stadien einer und derselben Vergletscherung zu stammen schienen, in Wahrheit auf zwei zeitlich auseinanderfallende Gletscherperioden zurückgeführt werden müssen; das erste Mal waren zwei durch einen Grat getrennte Tiefen, jede für sich, mit Eis gefüllt, während beim zweiten Vorrücken des Eises die trennende Wand überschwemmt und eine Verbindung zwischen den beiden Eismassen hergestellt ward. Es gelang auch, das ungefähre Areal der Eisbedeckung und annähernd die Meereshöhe zu bestimmen, bis zu welcher jene an den Gehängen herabreichte. Die Gesamtheit der nachgewiesenen Gletscherspuren in den Hochthälern des Riesengebirges ist nicht das Erzeugnis einer einzigen Gletscherentwickelung, sondern zweier durch einen grossen Gletscherrückgang getrennter selbständiger Gletscherperioden, von denen die erste eine ausgedehntere Vereisung brachte als die zweite«. Während der ersten Glazialzeit hatte das Gletscherphänomen des Riesengebirges mehr den norwegischen Charakter, wogegen in der zweiten Periode »die kleinen Kargletscher« überwiegen.

---

[1]) Partsch, Die Vergletscherung des Riesengebirges zur Eiszeit. Stuttgart 1894.

13. Die Lufthülle im allgemeinen.

Die Bedeutung der Atmosphäre in bezug auf die der Erde von der Sonne zugeführte Energie ist von Dr. W. Trabert dargestellt worden [1].

»Wir wissen«, sagt er, »dass die Strahlung, wenn auch nicht der einzige, so doch gewiss der in erster Linie in Betracht kommende Weg ist, auf welchem ein Austausch von Energie zwischen Himmelskörpern möglich ist. Es ist vielfach der Meinung Ausdruck gegeben worden, dass ein derartiger messbarer Energieaustausch auch zwischen der Erde und der Gesamtheit der Fixsterne stattfinde. Maurer [2] hat den Nachweis erbracht, dass diese Ansicht eine irrige ist, dass also von der sogenannten »Sternenstrahlung« in einem überhaupt bemerkbaren Grade nicht die Rede sein kann.

Wenn eine Änderung in dem Energiequantum unserer Erde hervorgebracht werden sollte, so kämen hiernach gewiss nur zwei Faktoren in Betracht: die Strahlung der Sonne und die Ausstrahlung der Erde selbst.

Stehen beide im Gleichgewichte? Oder überwiegt die eine über die andere? Diese Fragen drängen sich uns unmittelbar auf, und da gerade die in jüngster Zeit veröffentlichten Versuche Paschen's eine höchst willkommene Ergänzung der Langley'schen Untersuchungen geliefert haben, so dürfen wir wohl den Versuch wagen, diese Fragen und überhaupt das Problem des Energiehaushaltes unserer Erde etwas eingehender zu erörtern.

Langley hat in seinem klassischen Werke: »Researches on Solar heat« [3]), nicht bloss einen nach einer strengen Methode ermittelten Wert der Solarkonstanten angegeben, d. i. jener Wärmemenge, welche bei senkrechtem Auffalle der Sonnenstrahlen ein Quadratzentimeter an der Grenze der Atmosphäre in der Minute erhält, sondern uns auch kennen gelehrt, welcher Anteil von dieser gesamten Energiemenge auf jede einzelne Strahlengattung entfällt.

Über die einer Fläche durch die Sonne zukommende Strahlenmenge sind wir somit quantitativ und qualitativ sehr wohl unterrichtet. Auch die Ausstrahlung einer berussten Fläche ist uns bekannt, und wir besitzen sowohl in dem Stefan'schen wie in dem Weber'schen Gesetze einen mit den Beobachtungen gut übereinstimmenden empirischen Ausdruck für die Abhängigkeit der Ausstrahlung von der Temperatur. Das letztere Gesetz giebt uns sogar — wenn es auch nicht streng giltig sein sollte — gewiss Aufschluss über die ungefähre Verteilung der gesamten ausgestrahlten Energie auf die einzelnen Wellenlängen.«

Zunächst und um eine Unterlage für die mathematische Entwickelung zu haben, nimmt Dr. Trabert den Fall an, unsere Erde sei gleichmässig mit Russ überzogen und besitze keine Atmosphäre, auch stehe die Sonne senkrecht über dem Äquator. Dann ist es leicht, die Temperatur zu ermitteln, bei welcher sich das Gleichgewicht zwischen Wärmezufuhr durch die Sonne und Wärmeverlust durch Ausstrahlung herstellen würde. Unter Annahme der Solarkonstanten zu drei Grammkalorien pro Quadratzentimeter und Minute (nach Langley) ergiebt sich als mittlere Wärmezufuhr der Erdoberfläche (ohne Atmosphäre) pro Quadratzentimeter 1080 Grammkalorien. »Wir wissen,« fährt Dr. Trabert fort, »dass nach Stefan eine berusste Fläche von einem Quadratzentimeter bei einer absoluten Temperatur T nach allen Seiten eine Wärmemenge von

---

[1]) Nachrichten über Geophysik 1894. **1.**
[2]) Züricher Vierteljahrsschrift 1889. **34.**
[3]) Professional Papers of the Signal Service. Nr. XV.

$$0.723 . 10^{-10} . T^4 \text{ Grammkalorien}$$

in der Minute aussendet. Das giebt per Tag eine Wärme von

$$1041 . 10^{-10} . T^4 \text{ Grammkalorien.}$$

Einstrahlung und Ausstrahlung sind gleich, wenn wir die absolute Temperatur T = 319°, also 46° C. setzen.

Das wäre die Mitteltemperatur einer Erde, welche keine Atmosphäre besitzen würde.

Wir ersehen aus dieser Berechnung, dass Langley, wenn er die Vermutung ausspricht, es werde die Temperatur einer Erde, die keine Atmosphäre hätte, noch unter — 200° C. liegen, wohl zweifellos im Irrtume ist. Langley erklärt die Erscheinung, dass die Erde thatsächlich eine viel höhere Temperatur, bekanntlich eine Mitteltemperatur von 15° C. besitzt, aus der so merkwürdigen Eigenschaft unserer Atmosphäre, welche unter dem Namen der »selektiven Absorption« bekannt ist.«

Es ist der eigentliche Zweck der vorliegenden Arbeit von Dr. Trabert, zu zeigen, dass wirklich jener Eigenschaft der »selektiven Absorption« eine ausserordentlich grosse Bedeutung zukommt, dass diese letztere aber nicht darin besteht, dass dadurch die Temperatur unserer Erde erhöht wird, sondern vielmehr darin, dass durch sie eine Aufspeicherung, eine Kapitalisierung von Energie auf der Erde ermöglicht wird.

Was verstehen wir, fragt er zunächst, unter der »selektiven Absorption«? Die Antwort lautet:

»Wir wissen, dass stets, wenn Strahlen ein teilweise durchlässiges Medium durchsetzen, nur ein Teil derselben durch das Medium hindurchdringt, während der Rest teils durch diffuse Reflexion nach allen Seiten zerstreut wird, teils aber im wahren Sinne des Wortes im Medium stecken bleibt, d. h. absorbiert wird. Es ist auch weiterhin bekannt, dass im allgemeinen für jede Strahlengattung, also für jede Wellenlänge dies Vermögen des Mediums, die Strahlen diffus zu reflektieren und zu absorbieren, ein ganz verschiedenes ist.

Es ist das grosse Verdienst Langley's, gezeigt zu haben, dass auch die Atmosphäre ein solches Medium ist, welches die verschiedenen Strahlen in ganz verschiedenem Grade hindurchlässt. Mittels des Bolometers gelang es, den Nachweis zu liefern, dass von den an der Grenze der Atmosphäre auftreffenden Strahlen von der Wellenlänge 0.375 Mikron, also von den äussersten sichtbaren Strahlen im Violett nur 39.2 %, dann successive von den grösseren Wellenlängen immer mehr und mehr, bis endlich von der Wellenlänge 1.000 μ 79.9 % durch die Atmosphäre hindurchgelassen werden. Die kurzwelligen Strahlen werden also von der Atmosphäre weit stärker zurückgehalten als die langwelligen. Die letzteren gehen am ungehindertsten durch die Atmosphäre hindurch.

Ausser dieser regelmässig mit der Wellenlänge zunehmenden Durchlässigkeit zeigt sich ein ganz unregelmässig an einzelnen Stellen des Spektrums auftretendes vollständiges oder doch teilweises Auslöschen einzelner Wellenlängen.

Langley hat gezeigt, dass diese »kalten Bänder« vorzugsweise im dunklen Teile des Spektrums vorhanden sind, und dass besonders tiefe Einschnitte in der Energieverteilung des Sonnenspektrums bei den Wellenlängen von 1.13 μ (Band Φ), von 1.36 μ (Band Ψ), von 1.80—1.87 μ (grösstes und breitestes Band Ω), von 2.64 μ (Band X), von 4.0—4.5 μ (Band Y) und endlich von 5—11 μ auftreten. Von den Wellenlängen über 11 μ sind nur noch Spuren im Sonnenspektrum vorhanden, welche bei 13 und 14 μ ihr Maximum erreichen.

Schon diese Verschiedenheit des Verhaltens der einzelnen Strahlen, einmal die regelmässig mit der Wellenlänge abnehmende Transmissionsfähigkeit, anderseits die ganz unregelmässig, nur bei bestimmten Wellenlängen auftretende Schwächung derselben, lässt schliessen, dass beiden Er-

scheinungen auch verschiedene Ursachen zu Grunde liegen, und man könnte wohl vermuten, dass vielleicht die erstere dieser beiden Eigenschaften, die regelmässig mit der Wellenlänge abnehmende Durchlässigkeit, auf Rechnung der diffusen Reflexion zu setzen sei, während die unregelmässige Schwächung gewisser Strahlenarten durch die Absorption hervorgerufen werde.

Eine Stütze erhält diese Auffassung durch den theoretischen Nachweis Lord Rayleigh's (Strutt[1]), dass die diffuse Reflexion um so grösser werde, je kleiner die Wellenlänge ist. Nach Lord Rayleigh ist sie der vierten Potenz dieser letzteren verkehrt proportional, und Lampa[2]) hat auch den experimentellen Beweis für die Richtigkeit dieser theoretischen Untersuchungen erbracht. Die Schwächung der Strahlen muss also in der That um so grösser werden, je kleiner die Wellenlängen sind, so dass die violetten und blauen Strahlen am stärksten, die roten und dunklen Strahlen am wenigsten durch diffuse Reflexion nach allen Seiten zerstreut werden.

Kapitän Abney[3]) hat nun ausserdem noch nachgewiesen, dass auch dieses Gesetz der diffusen Reflexion bei der Schwächung der Sonnenstrahlen befolgt werde, dass also wirklich die Schwächung der Strahlen in der Atmosphäre der vierten Potenz der Wellenlänge verkehrt proportional sei

Es war schon hiernach sehr wahrscheinlich, dass die diffuse Reflexion die Hauptursache der Schwächung der Sonnenstrahlen in der Atmosphäre sei, und dass nur die »kalten Bänder« im dunklen Teile des Spektrums von einer Absorption der Strahlen durch die Bestandteile der Atmosphäre herrühren. Durch die neuen Untersuchungen Paschen's[4]) ist dies wohl zweifellos gemacht worden.

Da es nämlich wegen der Kleinheit der Grössen, um welche es sich hier handelt, unmöglich ist, die Absorption der Atmosphäre experimentell zu studieren, hat es Paschen versucht, auf indirektem Wege dieselbe zu ermitteln. Da jeder Körper nur die Strahlenarten emittiert, welche er absorbiert, so können wir ja auch ebenso gut die Emission der Bestandteile unserer Atmosphäre untersuchen. Da wir es aber hier, weil wir sehr hohe Temperatur bei derselben anwenden können, viel leichter haben, so verspricht dieser Weg mehr Aussicht auf Erfolg.

Wie Paschen's Untersuchungen lehren, zeigt besonders der Wasserdampf ein sehr schön ausgesprochenes Bandenspektrum, dessen **Maximum** bei etwa **2.61** μ liegt, also sehr schön koinzidiert mit dem **Bande X** im Sonnenspektrum. Ausserdem zeigten sich Bänder, welche recht gut übereinstimmten mit den Bändern Y, Ω und Ψ. Es kann hiernach gewiss keinem Zweifel mehr unterliegen, dass die Bänder Y, Ω, Ψ und das Band von 5—11 μ im Sonnenspektrum als Absorptionsstreifen, welche durch den Wasserdampf der Atmosphäre hervorgerufen sind, aufgefasst werden müssen. Das Band Y kommt nur zum Teile auf Rechnung des Wasserdampfes, denn es wurde sowohl von Paschen, als auch schon früher von Knut Ångström der Beweis erbracht[5]), dass auch die Kohlensäure bei **4.32** μ einen starken Absorptionsstreifen zeigt.

Auch Stickstoff und Sauerstoff wurden von Paschen untersucht, es zeigte sich aber bei diesen beiden Gasen keine Spur einer Emission. Paschen schliesst aus seinen Versuchen, dass, wenn der Stickstoff eine Absorption zeige, dieselbe wenigstens 24000 mal geringer sein müsse, als bei der Kohlensäure, und ebenso beim Sauerstoff mindestens 6000 mal geringer.

Es ist hiernach wohl zur Gewissheit erhoben, dass nur die sogenannten »kalten Bänder« des Sonnenspektrums auf Rechnung der Absorption, und zwar durch Wasserdampf und Kohlensäure zu setzen sind. Wenn auch die

---

1) Phil. Mag. [4.] 1871. **41.**
2) Wiener Sitzungsberichte. **100.** Abt. IIa. p. 733.
3) Phil. Trans. Roy Soc. of London. 1887. **178.** p. 251.
4) Wiedemann's Annalen. 1893. **50.** p. 409 und 1894. **51.** p. 1.
5) Öfersigt af K. Vetensk.-Akad. Förhandlinger 1889. Nr. 4. p. 203.

anderen Wellenlängen eine Schwächung beim Durchgange durch die Atmosphäre erleiden, so ist zweifellos der fehlende Teil nicht absorbiert, sondern durch die diffuse Reflexion nach allen Seiten zerstreut worden. Ein Teil davon wird in den Weltraum zurückgeworfen, der andere kommt als die diffuse Strahlung des Himmelsgewölbes wieder der Erdoberfläche zugute.«

Die Bedeutung dieser Thatsachen für den Energiehaushalt unserer Erde ist unschwer zu ersehen, und um dies vollkommen klar zu machen, zeigt Dr. Trabert das Verhalten der an der Grenze unserer Atmosphäre eindringenden Wärmemenge nach Quantität und Qualität auf ihrem ganzen Wege durch dieselben bis zur Erdoberfläche und von dieser wieder zurück in den Weltraum. Er benutzt hierzu die von Langley angegebene Energieverteilung im Spektrum, wie sie sich an der Grenze der Atmosphäre zeigen würde, und diejenige an der Erdoberfläche, wie sie sich bei hohem Sonnenstande am Aleghany-Observatorium ergab.

Für die Strahlung an der Grenze der Atmosphäre beträgt die Gesamtsumme 2.84 Kalorien, wovon auf die Strahlen von kurzer Wellenlänge (bis 0.70 μ) also ungefähr auf die Gesamtheit der sichtbaren Strahlen 1.27 Kalorien entfallen, der Rest auf die Energie der dunklen Strahlen. Für die Erdoberfläche ergiebt sich als Gesamtsumme ein Wert von 1.81 Kalorien, und zwar kommen von den sichtbaren Strahlen von kurzer Wellenlänge (bis zu 0.70 μ) 0.66 Kalorien hier unten an, von den dunklen (über 0.70 μ) 1.15 Kalorien. Von der Gesamtsumme der an der Grenze der Atmosphäre auftreffenden Energie (2.84 Kalorien) entfallen somit 1.27 Kalorien auf die sichtbaren, 1.57 Kalorien auf die dunklen Strahlen. Von den ersteren langen nur 0.66 Kalorien unten an, der Rest von 0.61 Kalorien ist nahezu ganz durch diffuse Reflexion nach allen Seiten zerstreut worden.

Von den dunklen Strahlen langen 1.15 Kalorien unten an, der Rest (0.42 Kalorien) wird bei diesen Wellenlängen umgekehrt fast ganz absorbiert: 0.38 Kalorien werden absorbiert, und nur 0.04 Kalorien bleiben für die Zerstreuung durch die diffuse Reflexion übrig.

Auf grosse Genauigkeit können naturgemäss diese Zahlen keinen Anspruch machen, aber sie sind genügend genau, um uns über die Grössenverhältnisse zu orientieren. Sie zeigen uns, dass in der Sonnenstrahlung die leuchtenden Strahlen etwa 45 % ausmachen; sie zeigen uns aber auch, dass von diesen leuchtenden Strahlen 52 % durch die Atmosphäre hindurchdringen, während auch von den übrigbleibenden 48 % noch ein grosser Teil als diffuses Himmelslicht zum Erdboden gelangt.

Die dunklen Strahlen, welche 55 % der gesamten Energie des Sonnenspektrums ausmachen, behält unser Erdball nahezu vollständig zurück. 73 % gelangen bis zur Erdoberfläche 24 % werden in der Atmosphäre absorbiert.

Machen wir wiederum die Annahme, dass die Erdoberfläche alle Strahlen, welche auf sie auftreffen, absorbiere, also berusst sei, so können wir sagen, es werden von einem Quadratzentimeter des Erdbodens rund 2 Kalorien per Minute absorbiert. Dies gilt für Verhältnisse, wie sie Alleghany darbietet und unter der Voraussetzung, dass die Sonne ihren höchsten Stand erreicht hat.

Benutzen wir die von Angot[1]) berechneten Tafeln, aus welchen man die mittlere Wärmezufuhr per Tag für beliebige Transmissionskoeffizienten entnehmen kann, so ist es leicht, auch die mittlere Wärmezufuhr für einen Quadratzentimeter per Tag zu berechnen. Wir finden da von den leuchtenden Strahlen rund 100 Kalorien, von den dunklen Strahlen rund 200 Kalorien, von dem diffusen Himmelslichte etwa 150 Kalorien.

Das giebt 450 Grammkalorien als Gesamtsumme.

Wenn wir bedenken, dass die Atmosphäre nicht mehr ausstrahlen kann, als sie selbst erhält, und dass von der gesamten Ausstrahlung der Atmo-

---

[1]) Angot, Recherches théoriques sur la distribution de la chaleur à la surface du globe. Annales du Bureau central météorol. de France 1893.

sphäre gewiss nicht mehr als die Hälfte zur Erdoberfläche gelangt, so können wir auch die Strahlung der Atmosphäre in dem supponierten Falle auf höchstens 150 Kalorien veranschlagen. Selbst wenn alles vom Erdboden absorbiert würde, erhalten wir somit nur rund 600 Kalorien im Mittel für einen Quadratzentimeter im Laufe eines Tages.

Das ist ein viel kleinerer Wert, als wir ihn früher für eine Erde ohne Atmosphäre berechneten, und wenn trotz dieser Schwächung der Strahlen in der Atmosphäre an der Erdoberfläche eine Temperatur von 15° C. sich einstellen kann, so ist das nur der besprochenen Eigentümlichkeit unserer Atmosphäre, ihrer »selektiven Absorption« zuzuschreiben.«

Die leuchtenden Strahlen werden von der Atmosphäre nur wenig geschwächt, die dunklen dagegen in hohem Masse. Wir wissen aber auch, dass in den Sonnenstrahlen der Anteil der sichtbaren Strahlen ein sehr beträchtlicher ist. Die Strahlen, welche der Erdboden aussendet, sind durchaus von grosser Wellenlänge, und von ihnen tritt deshalb sicher nur wenig in den Weltraum hinaus; der Wärmeverlust ist also für den Erdboden nur sehr gering. Obwohl also infolge der Schwächung der Strahlen durch die Atmosphäre die Wärmezufuhr eine viel geringere wird, müssen wir uns eigentlich wundern, dass infolge des durch die Atmosphäre geschaffenen Schutzes gegen die Ausstrahlung die Mitteltemperatur der Erde nicht viel höher ist als 15°.

»Und in der That,« fährt Dr. Trabert fort, »sie wäre auch höher, wenn die uns von der Sonne zugesandte und den Erdboden erreichende Energie ganz absorbiert und in Wärme umgesetzt würde. Wir nahmen dies der Einfachheit halber immer an, indem wir eine berusste Erde voraussetzten. Für eine berusste gilt nämlich der Grundsatz, den Bezold in einer 1892 erschienenen Publikation mit den Worten ausgesprochen hat: «Die im Laufe eines Jahres der ganzen Erde durch Bestrahlung zugeführten und durch Ausstrahlung entzogenen Wärmemengen sind im Durchschnitte einander gleich.«

Für die wirkliche Erde gilt dieser Satz indessen nicht, denn von der der Erde zugeführten Gesamtenergie wird eben nur ein Teil derart absorbiert, dass er sich in Wärme verwandelt. Nur von diesem in Form von Wärme absorbierten Energieanteile kann man sagen, er müsse dem Betrage der Ausstrahlung gleich sein, wenn der Wärmezustand der Atmosphäre ein stationärer sein soll.

Ein anderer Teil, besonders die leuchtenden Strahlen, welche an der Erdoberfläche zur Absorption gelangen, werden zum grossen Teile in chemische Energie umgesetzt, und ihre von Jahr zu Jahr aufgespeicherte Energie findet sich wieder in den Waldungen und Kohlenflözen unserer Erde oder auch in jenen wunderbaren Energieformen, in welche der menschliche Geist die Sonnenenergie zu verwandeln gewusst hat.

Wenn der Mensch das Eisen aus der Tiefen der Erde fördert, wenn er es in Schienen umwandelt und auf denselben zweckdienliche Lastenverschiebungen vornimmt, oder wenn er das Blei zutage schafft, die inneren Kräfte desselben überwindet und es in einzelne passend geformte Stückchen, Lettern genannt, umwandelt, wenn er dieselben in einer Weise anordnet, dass er dadurch seine Gedanken zum Ausdrucke bringen kann, und wenn er auf entsprechend gestaltetem Stoffe, dem Papiere, wieder diese Formen zum Abdrucke bringt, — immer sind es besondere Energieformen, immer ist es aufgespeicherte Energie, und in letzter Linie Sonnenenergie, welche der Mensch hier in die wunderbarsten Formen verwandelt hat.

Dass dies möglich ist, verdankt er der sogenannten »selektiven Absorption« unserer Atmosphäre. Ihr ist es zuzuschreiben, dass nicht bloss der Wärmezustand der Erdoberfläche durch die uns von der Sonne zugeführte Energie stationär erhalten werden kann, sondern dass auch noch

ein beträchtlicher Teil dieser Energie alljährlich aufgespeichert und im wahren Sinne des Wortes kapitalisiert werden kann.

Unsere ganze Kultur, unser ganzer von Jahr zu Jahr zunehmender Reichtum sind streng genommen nur besondere Formen von Energie, ihre Quelle aber ist die Sonne.«

Die barometrische Höhenformel. Professor Schreiber hat Untersuchungen angestellt zur Auffindung einer einfachen Gestalt der barometrischen Höhenformel bei gleicher Zuverlässigkeit mit den komplizierten Formeln von Laplace, Rühlmann, Pernter u. a.[1]). Es ist ihm in der That gelungen, für diese bei meteorologischen und geophysikalischen Problemen so oft in Anwendung kommende barometrische Höhenformel einen einfachen Ausdruck aufstellen zu können. Folgendes sind die Hauptergebnisse dieser Arbeit.

I. Reduktion der Barometerstände.

Ist b_t der an einem Quecksilberbarometer mit Messingskala bei der Temperatur t^0 C. abgelesene Barometerstand, so findet man

$$1. \quad b_0 = b_t \left\{ 1 - \frac{0.0001634\, t}{1 + 0.0001818\, t} \right\} \text{ Millimeter}$$

den auf 0°C. reduzierten Barometerstand.

Weiter erhält man nach der Formel:

$$2. \quad b = b_0 \left\{ 1 - 0.00259 \cos 2\varphi \right\} \left\{ 1 - 0.000000196\, z \right\}$$

den auf Normalschwere reduzierten Barometerstand, worin φ die geographische Breite des Beobachtungsortes und z (Meter) dessen Seehöhe ist.

II. Die Höhenformeln.

Am Fusse einer Luftsäule, der z_1 Meter sich über dem Meeresspiegel befindet, sei der Barometerstand b_1, die Temperatur t_1 ° C. und die Dunstspannung σ_1. Am oberen in der Höhe $z_2 = z_1 + h$ gelegenen Ende sollen die entsprechenden Werte b_2, t_2 und σ_2 sein.

Die Barometerstände sind auf 0° und Normalschwere (Formeln 1. und 2.) reduziert.

Führt man statt der Celsiustemperaturen die absoluten Temperaturen $T_1 = 273 + t_1$ und $T_2 = 273 + t_2$ ein, und ist:

$$3. \quad R = 29.271 (1 + 0.00259 \cos 2\varphi) [1 + 0.000000098 (2 z_1 + h)]$$

und

$$4. \quad B_1 = b_1 - 0.2\, (\sigma_1 + \sigma_2)$$
$$B_2 = b_2 - 0.2\, (\sigma_1 + \sigma_2),$$

so finden sich folgende Gestalten der Höhenformel:

A. Es wird eine mittlere Temperatur der Luftsäule

$$5. \quad T = \frac{1}{2} (T_1 + T_2)$$

---

[1]) Civilingenieur 1894. Heft 4. p. 311 u. ff. Zeitschr. f. Luftschifffahrt 1894. p. 249.

angenommen, dann führt dies zu der Formel:

$$\text{I.}\quad h = \frac{RT}{M} \log \frac{B_1}{B_2} \qquad M = 0.43429.$$

B. Es wird vorausgesetzt, dass die Temperatur abnimmt um α^0 C. für 1 Meter Höhe, die Höhenformel ist alsdann:

$$\text{II.}\quad h = \frac{T_1}{\alpha} \left[1 - \left(\frac{B_2}{B_1}\right)^{\alpha R} \right]$$

C. Man nimmt an, die Temperatur nimmt proportional dem Barometerstande mit der Höhe ab (Mendeleff'sches Gesetz).

T_0 ist die Temperatur an der Grenze der Atmosphäre und

$$\text{III.}\quad h = R \left[\frac{T_0}{M} \log \frac{B_1}{B_2} + (T_1 - T_2) \right].$$

Die Formeln I. und II. geben nach Prof. Schreiber für alle in Frage kommenden Höhen so übereinstimmende Werte, dass sie als gleichwertig betrachtet werden können. Formel III. liefert geringere Höhen. Der Unterschied ist so bedeutend, dass für den Fall der Richtigkeit des Mendeleff'schen Gesetzes diese Formel statt I. und II. angewendet werden sollte.

14. Temperatur.

Neue Normaltemperaturen. Bekanntlich hat Dove die mittlere Jahrestemperatur jedes zehnten Parallels als Durchschnitt aus den mittleren Jahrestemperaturen von 36 äquidistanten Punkten auf dem betreffenden Breitenkreise bestimmt. Die Abweichung der Jahrestemperatur eines Punktes von der Durchschnittstemperatur seines Breitenkreises ergiebt die thermische Anomalie des Punktes, und durch Verbindung der Punkte gleicher Anomalie erhält man die thermischen Jahresisanomalen.

W. Precht macht[1]) die Bemerkung, dass die nach der Dove'schen Methode entworfenen Karten einer Verbesserung bedürfen. »Welche Durchschnittstemperatur einem Parallele zukommt, ist abhängig von Ursachen, die auf dem ganzen Parallele wirken. Demnach ist auch davon abhängig die Grösse der Anomalie eines bestimmten Punktes. Die Forschung, welche die Ursachen einer Anomalie und ihrer Grösse und einen rechnerischen Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung sucht, muss diese aber dort suchen, wo eine physikalische Einwirkung möglich ist, d. h. in der Nachbarschaft des Punktes, wo die Anomalie herrscht. Da aber auf den Dove'schen Karten ein Breitenkreis z. B. eine verhältnismässig hohe Durchschnittstemperatur dadurch erhalten kann, dass er in einem Erdteile auf weite Strecken durch Gegenden mit einer Hitze führt,

[1]) Meteorol. Zeitschrift 1894. p. 81.

welche nicht durch die geographische Breite allein, sondern durch eine besondere Beschaffenheit dieser Gegenden bedingt wird, so können dann in einem anderen Erdteile Gegenden von demselben Parallele geschnitten werden, welche vielleicht ihrer Lage nach als zu warm zu bezeichnen wären, auf den Dove'schen Karten aber der hohen Durchschnittstemperatur wegen, mit welcher ihre Temperatur zu vergleichen ist, zu kalt erscheinen müssen. Der Forscher wird dann vergebens einen Grund für diese negative Anomalie in der betreffenden Gegend suchen. Die Anomalien der Dove'schen Karten beruhen eben nicht nur auf physikalischen Ursachen, sondern auch auf Ursachen, welche in der Methode der Darstellung liegen.

Dass dennoch die Dove'schen Karten in mancher Beziehung richtige Resultate liefern, beruht auf dem für unsere Betrachtung zufälligen Umstande, dass mit Ausnahme der höheren südlichen Breiten auf jedem Parallele sich sowohl Wasser wie Land in nicht unerheblichem Masse befindet.«

Precht hat nun neue Normaltemperaturen berechnet, nach den Formeln, welche die Durchschnittstemperaturen der Breitenkreise als Funktion der geographischen Breite und des Verhältnisses von Land zu Wasser auf denselben darstellen. Die von Forbes aufgestellte Formel ($t\varphi = -10.8^0 + 32.9 (\cos\varphi)^{5/4} + 21.2 n \cos 2\varphi$) ist nach Hann nicht nur eine Interpolationsformel, sondern hat physikalische Bedeutung, da sie, obgleich nur aus Beobachtungen auf der nördlichen Halbkugel abgeleitet, auch die Temperaturverteilung auf der südlichen Halbkugel befriedigend darstellt.

Spitaler hat nach den neuesten Beobachtungen die Formel

$$t\varphi = -2.43 + 17.61 \cos\varphi + 7.05 \cos 2\varphi + 19.29 n \cos 2\varphi$$

berechnet.

Nach beiden Formeln sind auch die Temperaturen berechnet, welche auf den einzelnen Breitenkreisen herrschen würden, wenn die Erdoberfläche ganz aus Wasser, und wenn sie ganz aus Land bestände, indem man n einmal $= 0$ und dann $= 1$ setzte. In derselben Weise muss die Formel richtige Resultate liefern, wenn n einem echten Bruche gleichgesetzt wird. Die sogenannte Normaltemperatur ist nach der Formel abhängig von der geographischen Breite und von n.

Wir erhalten eine nur von der geographischen Breite abhängige Normaltemperatur, wenn wir n als veränderliche Grösse verschwinden lassen, und zwar so, dass wir fragen, welche Temperatur auf einem Parallele herrschen würde, wenn Land und Wasser über alle Breiten gleichmässig verteilt wären, d. h. wenn das relative Verhältnis von Wasser zu Land, wovon mit der geographischen Breite die Mitteltemperatur eines Parallels abhängt, auf allen Breitenkreisen dasselbe wäre, also, wenn $n = 0.2443$ ist.

Die dann sich ergebenden Anomalien sind, die Richtigkeit der Beobachtungen und der Formel vorausgesetzt, nicht mehr bedingt durch Ursachen, welche auf dem ganzen Parallele herrschen, sondern

nur von solchen, welche eine physikalische Einwirkung auf die Temperatur des betreffenden Ortes ausüben können.«

Precht giebt eine Tabelle der so berechneten Normaltemperaturen und hat auch eine Karte neuer thermischer Jahresisanomalen entworfen.

Neue Isanomalen hat S. F. Batchelder auf Grund der Buchan'schen Isothermen berechnet[1]), wobei er auf jedem zehnten Breitenkreise die Mitteltemperatur der Orte bestimmt, die auf dem 0., 10., 20. u. s. w. Meridiane (von Greenwich) liegen. Auf diese Weise werden für jeden Parallelkreis 36 Bestimmungen erhalten, deren Mittel dann als Normaltemperatur betrachtet wird. Folgendes ist eine Zusammenstellung der von Batchelder, Dove und Spitaler erhaltenen Mitteltemperaturen.

Breitenkreis	Nach Batchelder			Nach Dove			Nach Spitaler		
	Jahr	Januar	Juli	Jahr	Januar	Juli	Jahr	Januar	Juli
N 90°	—	—	—	—16.4	—32.5	— 0.8	—20.0	—36.0	2.0
80	—16.9	—34.9	0.2	—13.9	—29.1	1.1	—16.5	—32 0	2.6
70	—10.2	—26.5	6.7	— 8.7	—24.4	7 2	— 9 6	—25.5	7.3
60	— 1.2	—15 6	13.8	— 0.8	—15.8	13.5	— 0.8	—16.0	14.1
50	5.8	— 6.7	18.1	5 4	— 6.7	17.0	5.6	— 7.2	18 1
40	13.9	6.1	24.1	13.7	4.7	22.4	14.0	3.9	23.8
30	20 2	15.3	27 2	21.1	14.1	25.8	20.3	13.9	27.4
20	24.9	22.1	28.0	25.4	21.1	27.6	25.7	21 7	28 1
10	27.1	25.8	27.1	26.7	25.2	27.1	26.4	25.7	26.7
0	26.6	26.7	25.7	26.6	26 3	25.9	25.9	26.2	25.5
S 10°	25.7	26 7	23.8	25.5	—	—	25.0	25.8	24.0
20	23.3	25 3	19.4	21.4	—	—	22.7	25.5	20.5
30	18.3	21.1	13.9	19.4	—	—	18.5	22.6	15.3
40	12.2	15.1	8.3	12.5	—	—	11 8	16.1	9.7
50	5.3	8.6	2.7	—	—	—	5.9	8.1	3.2
60	—	1.6	—	—	—	—	—	—	—

Vergleichung der Temperatur im Gebirge mit derjenigen der freien Atmosphäre. Die wissenschaftlichen Luftfahrten des Münchener Vereins für Luftschiffahrt haben beachtenswertes Material zur Beurteilung des Einflusses der Gebirge auf die Temperatur der Atmosphäre geliefert. Nach den Mitteilungen von S. Finsterwalde und L. Sohncke[2]) ergaben neun Fahrten folgendes: »Im Sommer, bei normalem Wetter, ist die Luft im Gebirge tagsüber wärmer als in der freien Atmosphäre, nachts dagegen kälter. Der Unterschied bleibt innerhalb weniger Grade. Bei abnormem Wetter kommt das entgegengesetzte Verhalten vor. Im Winter scheint die freie Atmosphäre höhere Temperaturen zu besitzen als die Gebirgsstationen. Es stimmt hiermit überein, dass bei der Fahrt vom 27. Februar beiderlei Temperaturen gleich sind. Die Beobachtungen machen es nicht wahrscheinlich, dass in den jährlichen Mitteltemperaturen in

[1]) American Meteorolog. Journal 1894. p. 451.
[2]) Meteorol. Zeitschrift 1894. p. 362 u. ff.

gleicher Höhe ein grösserer Unterschied zwischen den Gebirgsstationen und der freien Atmosphäre besteht. Hingegen deuten sie, in Übereinstimmung mit dem schon von Hann[1]) auf anderem Wege abgeleiteten Resultate, unverkennbar darauf hin, dass die tägliche und vielleicht auch die jährliche Temperaturschwankung in der freien Atmosphäre wesentlich geringer ist als im Gebirge.«

Temperaturabnahme mit der Höhe vor Gewittern. Fünf der erwähnten Fahrten im Ballon wurden an Gewittertagen ausgeführt, und sie ergaben einen labilen Zustand der Luftschichten. Bei der Fahrt am 19. Juni 1889 erwies sich die Temperaturabnahme teils fast adiabatisch (0.993° auf 100 *m*), teils derartig, dass der Zustand der Atmosphäre bereits labil ist (1.18°, 1.07°). Am 10. Juli 1889 erreichten um 11^h vormittags die Temperaturabnahmen den Betrag, bei welchem ein stabiles Gleichgewicht in der Atmosphäre nicht mehr möglich ist, also aufsteigende und absteigende Bewegungen notwendig entstehen müssen. Durch diese Fahrt vor Ausbruch von Gewittern ist der labile Zustand der Atmosphäre in den unteren Schichten (bis 1244 *m* Meereshöhe) sicher erwiesen, desgleichen die Existenz auf- und absteigender Luftströme. Das gleiche erwiesen die Fahrten am 4. Juli 1892, am 5. Juni 1890 und am 11. Juli 1892[2]).

Die Temperaturumkehr in heiteren Sommernächten ist durch zwei Ballonfahrten (2. Juli 1^h früh, 8. Juli 3^h früh) nachgewiesen worden. In beiden Fällen nahm die Temperatur mit steigender Höhe über dem Boden zunächst zu (bis 300 *m* in beiden Fällen) und begann dann erst zu sinken. Dieses Verhalten der Temperatur findet sich in vollem Einklange mit den Beobachtungen am Eiffelturme.

Der tägliche Gang der Temperatur auf dem Gipfel des Orbir (2140 *m*) ist von Prof. J. Hann untersucht und diskutiert worden[3]). Der Obir ist eine freistehende Felspyramide, die in weitem Umkreise von keinem höheren Gipfel überragt wird, so dass sie eine geeignete Aufstellung für einen Thermographen bildet, der in der That 1891 dort angebracht wurde. Diese Gipfelstation des Orbir liegt noch in Sehweite der Sonnblickstation und fast genau 1000 *m* tiefer als letztere. Die horizontale Entfernung der beiden Gipfel ist etwa 137 *km* oder 18$^1/_2$ deutsche Meilen, der Breitenunterschied beträgt wenig über einen halben Grad. Man kann daher die Temperaturbeobachtungen an den beiden Gipfelstationen zu manchen Vergleichungen benutzen. Hann sagt, er kenne kein Paar von Gipfelstationen von ähnlicher Höhe, welche solche Vergleichungen gestatten würden.

---

[1]) Hann, J. Beiträge zum täglichen Gange der meteor. Elemente in den höheren Luftschichten. Sitzber. d. Akad. d. Wiss. in Wien. Math.-naturw. Klasse. **103.** Abt. IIa. Wien 1894.

[2]) Meteorol. Zeitschrift 1894. p. 366 u. ff.

[3]) Sitzungsber. d. Wiener Akad. 1893. **102.** IIa. p. 709 u. ff.

Die Temperaturregistrierungen auf dem Obirgipfel beginnen mit dem 10. Februar 1892, und die bis inkl. Februar 1893 durchgeführten Reduktionen haben eine völlig befriedigende Übereinstimmung zwischen den Thermographenzeichnungen und den täglich einmal erfolgenden, direkten Ablesungen am Thermometer ergeben.

Aus diesem zuverlässigen Beobachtungsmateriale wurden nun die Abweichungen der Stundenmittel vom Tagesmittel für die einzelnen Monate des Jahres berechnet, dessen Witterungscharakter kurz so bezeichnet werden kann, dass Februar, März, Juni, Juli, Oktober und Januar zu kalt, April, August, September und November zu warm, Mai, Dezember und Februar 1893 fast normal gewesen. Die Tabelle dieser Abweichungen giebt einen Überblick über den täglichen Gang der Temperatur auf dem Obirgipfel. Die gleichzeitigen Beobachtungen am 100 *m* tiefer liegenden Berghause können hingegen zu einer ähnlichen Darstellung des täglichen Ganges der Temperatur wegen der ungünstigen Lage der Station auf der Südabdachung des Obirgipfels nicht verwendet werden. Wertvoll jedoch war es, die Differenzen zwischen dem täglichen Gange der Temperatur beim Berghause und auf dem Gipfel zu ermitteln; denn diese Differenzen mussten zwar sowohl den Einfluss der Wärmeabnahme mit der Höhe als den der Aufstellung des Thermographen enthalten, aber da, wie sich später für grössere Höhendifferenzen herausstellte, der Unterschied von 100 *m* auf den täglichen Wärmegang ohne Einfluss ist, mussten die ermittelten Differenzen im täglichen Wärmegange ganz allein in der Aufstellung des Thermographen, der Exposition und örtlichen Umgebung der unteren Station begründet sein und deren Einfluss ergeben.

Der tägliche Gang dieser Differenzen zeigte nun, dass im Mai und Juni auch noch in den ersten Nachtstunden die Temperatur unten wenigstens relativ höher ist als oben, und dass der Spätsommer, der Herbst und selbst noch der Winter die höchsten positiven Unterschiede im täglichen Wärmegange haben. Um mit Hilfe dieser Differenzen aus dem täglichen Wärmegange der unteren Station die der oberen zu berechnen und so für die nur einjährigen Beobachtungen der oberen Station eine zuverlässigere Basis aus den mehrjährigen Beobachtungen der unteren zu gewinnen, hat Prof. Hann den täglichen Gang im Mittel aus den für das Berghaus Obir (2044 *m*) vorliegenden sieben bis acht Jahrgängen berechnet, aus den Tabellen die Vierteljahresmittel abgeleitet und diese durch periodische Funktionen (nach der Bessel'schen Formel) ausgedrückt. Wenn man die durch diese Gleichungen repräsentierten Störungen im täglichen Gange der Temperatur beim Berghause Obir, von dem hier gefundenen abzieht, so erhält man die Ausdrücke für die wahrscheinlichsten mittleren Werte des täglichen Wärmeganges auf dem Gipfel des Obir, und die Vergleichung mit den hier wirklich gefundenen ergiebt, dass die Amplituden des täglichen Wärmeganges in Wirklichkeit beträchtlich kleiner sind, und dass der einfache

tägliche Gang in bedeutend höherem Grade präponderiert. »Der tägliche Temperaturgang auf einem freien Berggipfel nähert sich demnach mehr einer einmaligen täglichen Wärmewelle als der durch Lokaleinflüsse gestörte Temperaturgang an der Erdoberfläche.«

Die Vergleichung des täglichen Wärmeganges auf dem Obirgipfel mit jenem auf dem Sonnblick im Mittel derselben Monate ergiebt eine fast vollständige Übereinstimmung. Obgleich der Obirgipfel fast 1000 *m* niedriger ist und um einen halben Grad südlicher liegt, sind die Amplituden der Temperatur im Jahresmittel genau die gleichen und nur im Sommer wirklich grösser. Hieraus ist zu schliessen, dass bei freier Aufstellung der Thermographen auf isolierten, hohen Berggipfeln die absolute Seehöhe von nur geringem Einflusse auf den täglichen Wärmegang ist. Die Temperaturamplituden nehmen mit der Erhebung über die Erdoberfläche zuerst sehr rasch ab und ändern sich dann nur sehr langsam. Die Temperaturbeobachtungen auf dem Eiffelturme haben hierfür gleichfalls sehr überzeugende Belege geliefert.

Besonders geeignet erwiesen sich die beiden Gipfelstationen Obir und Sonnblick zur Untersuchung des täglichen Ganges der Wärmeabnahme mit der Höhe, der sehr bedeutend ist, wenn man eine Station der Niederung mit einer Station auf einem Berggipfel diesbezüglich vergleicht, aber für die Verhältnisse in der freien Atmosphäre erst wertvoll und massgebend werden kann, wenn beide mit einander verglichenen Stationen in gleicher Weise von der Umgebung unabhängig sind, was für Obir und Sonnblick nach dem gleichen täglichen Wärmegange der Fall ist.

Die Tabelle der Temperaturdifferenzen zwischen Obir- und Sonnblickgipfel, für den Breitenunterschied korrigiert, zeigt für das Winterhalbjahr fast gar keinen täglichen Gang dieser Differenzen, sie sind fast den ganzen Tag über konstant. Soweit noch ein täglicher Gang erkennbar ist, zeigt er die höchst auffallende Erscheinung, dass das Minimum der Temperaturdifferenzen auf Mittag oder Nachmittag fällt, das Maximum auf den Abend oder die Nachtstunden. Diese Umkehrung des täglichen Ganges beginnt im Oktober und währt bis zum Mai, während in den Sommermonaten, Juni bis September, der tägliche Gang der Temperaturdifferenzen ein normaler ist mit einem Maximum in den ersten Nachmittagsstunden und einem Minimum in den Nachtstunden. Hann vermutet, dass die Umkehrung des täglichen Ganges der Temperaturdifferenzen im Winter darin begründet sei, dass im Winter beide Gipfel mit Schnee bedeckt sind, im Sommer aber nur der obere Sonnblickgipfel. In den langen Winternächten fliesst die durch Ausstrahlung erkaltete Luft in die Thäler und wird auf dem Gipfel durch wärmere Luft aus der freien Atmosphäre ersetzt, welche beim Senken sich erwärmt hat, wodurch der niedere Gipfel in der Winternacht relativ wärmer, und die Temperaturdifferenz am grössten wird. Im Sommer ist der schneefreie Obirgipfel am Mittage relativ wärmer als der Sonnblickgipfel.

Das ähnliche Verhalten der Temperaturdifferenz während eines Barometermaximums spricht zu gunsten dieser Erklärung.

Da, was für die Temperaturdifferenz gilt, auch für die Wärmeabnahme mit der Höhe giltig ist, so sieht man, »dass während 8 Monaten des Jahres, von Oktober bis Mai inklusive, fast kein täglicher Gang der Wärmeabnahme mit der Höhe vorhanden ist, und selbst im Sommer ist derselbe nur ganz schwach ausgeprägt. In grossen Höhen über 2000 *m* ist demnach keine tägliche Änderung in der Wärmeabnahme mit der Höhe mehr vorhanden; ein sehr bemerkenswertes Resultat, das, wie mir scheint, hier zuerst nachgewiesen worden ist. Für die freie Atmosphäre gilt dieser Satz jedenfalls in noch höherem Grade, denn die Fehler, denen unsere Bestimmungen der Lufttemperatur unterliegen, streben dahin, die tägliche Wärmeschwankung etwas grösser erscheinen zu lassen, als in Wirklichkeit in der freien Atmosphäre vorhanden ist.«

Obwohl nur einjährige Registrierungen vom Obirgipfel vorliegen, wurde auch der jährliche Gang der Wärmeabnahme mit der Höhe ermittelt, und um für diese Werte eine grössere Stütze zu gewinnen, wurde auch für die Höhendifferenzen Sonnblick-Kolm Saigurn und Obir-Suager die gleiche Rechnung ausgeführt; es stellte sich eine gute Übereinstimmung zwischen der Wärmeänderung mit der Höhe zwischen Kolm-Sonnblick und Obir-Sonnblick heraus.

Besonders interessant ist die Berechnung der mittleren Temperatur der 960 *m* dicken Luftschicht zwischen Obirgipfel und Sonnblickgipfel, deren mittlere Höhe 2620 *m* beträgt. Um den aus den Werten sich ergebenden täglichen Gang besser überblicken zu können, und um die Schwankungen, welche aus den besonderen meteorologischen Eigentümlichkeiten des Beobachtungsjahres resultieren, möglichst auszugleichen, wurden auch für die Jahreszeiten Mittelwerte abgeleitet, welche den täglichen Gang der Temperatur in der Luftschicht zwischen Obir und Sonnblick schon mit grosser Regelmässigkeit zum Ausdrucke bringen. So wurde gefunden:

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr
Mittel . . .	— 12.0°	— 5.3°	4.1°	— 1 4°	— 3.7°
Maximum . .	— 11.4°	— 4 0°	5.6°	— 0.6°	— 2.6°
Zeit	2 h	3 h	3 h	2 h	3 h p.
Minimum . .	— 12.4°	— 6.2°	2.8°	— 2.0°	— 4.4°
Zeit	6 h	4 h	4 h	4 h	4 h a.
Amplitude . .	1.0°	2.2°	2.8°	1.4°	1 8°

Die tägliche Wärmeschwankung in der Luftschicht zwischen 2100 und 3100 *m* ist somit sehr klein, 1° im Winter, 3° im Sommer, und wird in Wirklichkeit wohl noch etwas kleiner sein. Der Eintritt des Temperaturmaximums fällt auf 3^h p., also ziemlich spät, das Minimum tritt dagegen schon sehr früh auf, nämlich schon 4^h morgens.

Die tiefste Temperatur auf dem Gipfel des Berges Ararat. Im vergangenen Jahre ist von Pastuchów auf dem Gipfel des

5156 *m* hohen Grossen Ararat ein Maximum- und ein Minimum-Thermometer niedergelegt worden. Kürzlich hat nun der Chef der russischen Grenzwache zu Sardar-Bulagh am östlichen Fusse des Grossen Ararat, der Kosakenoffizier Požarsky, eine Ersteigung dieses Hochgipfels ausgeführt und die Thermometer aufgefunden und abgelesen. Es ergab sich, dass während der Zeit von August 1893 bis zum August 1894 die höchste Temperatur + 17.4° C., die niedrigste dagegen —39.6° C. betragen hat. Das Temperaturmaximum ist indessen jedenfalls zu hoch, wahrscheinlich weil das Thermometer in einer Blechbüchse verpackt war. Auf dem 3106 *m* hohen Sonnblickgipfel in den Alpen war die tiefste bis jetzt beobachtete Temperatur —36° C.; im Januar 1893 betrug daselbst das absolute Minimum — 32.2°, das Maximum im darauf folgenden August + 9.8°.

Die Temperatur an der oberen Grenze der Atmosphäre. Auf Grundlage der Beobachtungen von J. Vallot 1887 auf dem Gipfel des Mont Blanc und durch Vergleich derselben mit derjenigen auf dem Säntis, Obir und Puy de Dôme kommt A. Angot[1]) zu dem Schlusse dass die Temperatur an der oberen Grenze der Atmosphäre — 47° C. betragen müsse. Früher hat Woeïkoff für dieselbe Temperatur den Wert — 42° C. erhalten. Trotz der nahen Übereinstimmung beider Werte scheint die Bestimmung nicht weniger unsicher.

15. Luftdruck.

Der Einfluss der Luftdruckschwankungen auf die festen und flüssigen Bestandteile der Erdoberfläche ist Gegenstand einer monographischen Bearbeitung durch Prof. S. Günther gewesen[2]). Gelegentliche Bemerkungen über den Gegenstand finden sich ziemlich zahlreich in der Litteratur, aber früher ist die Frage nie eingehend behandelt worden, die Arbeit Günther's erscheint deshalb besonders dankenswert.

Zunächst betrachtet er die Niveauschwankungen des festen Erdbodens. Unter Anwendung der von G. H. Darwin gegebenen Formeln und unter Voraussetzung, dass die oberen Erdschichten die Starrheit des Glases besitzen, ergiebt sich, dass unter der Herrschaft eines barometrischen Maximums der Boden 9 *cm* tiefer liegen muss, als bei einem 50 *mm* tieferen barometrischen Minimum. Dabei kann die Gesamtablenkung der Lotlinie unter den günstigsten Bedingungen auf 0.029″ steigen. »Die gewöhnlichen Bodenschwankungen werden sich freilich innerhalb viel geringerer Winkelgrenzen vollziehen und ungleich schwerer wahrnehmbar sein. Immerhin, so meint Darwin, müsse es, falls nur der Miteinfluss der Meeresgezeiten gänzlich eliminiert

[1]) Compt. rend. **117.** p. 786.
[2]) Gerland, Beiträge zur Geophysik 1894. **2.** p. 71 u. ff.

werden könnte, zu ermöglichen sein, dass in tiefen Schachten einer vollkommen erdbebenfreien Gegend das Vorhandensein barometrischer Lotstörungen auf weite Entfernungen hin erkennbar gemacht werde, wenn nur die Apparate fein genug wären.«

Günther kommt zu dem Ergebnisse, dass mit den unvollkommenen Mitteln der Vergangenheit Bodenbewegungen nicht mit voller Sicherheit nachgewiesen werden konnten, dass aber die Wasserwage und das Horizontalpendel das Vorhandensein solcher Oszillationen zur Gewissheit machen. Und indem er Darwin's theoretische Folgerungen neben die Mitteilungen stellt, welche von Rebeur-Paschwitz aus seiner Jahre umfassenden Beobachtungsthätigkeit macht, stellt er die folgende These auf: »Barometerschwankungen von einigermassen erheblicherem Betrage vermögen solche Partien des Bodens, denen eine etwas grössere Elastizität zukommt, in Mitleidenschaft zu ziehen und in regelrechten Schwingungszustand zu versetzen.«

Was tektonische Störungen anbelangt, so formuliert Günther die Ergebnisse seiner kritischen Beobachtungen wie folgt: »Ein direkter Beweis dafür, dass mit der Erhöhung des Luftdruckes auch eine verstärkte Neigung des Bodens, in Schwingungen von grösserer Amplitude zu geraten, verbunden sei, ist noch nicht geführt worden; ja in manchen Fällen scheinen sogar, was unter dem mechanischen Gesichtspunkte schwerer verständlich wäre, niedrige Barometerstände dem Eintritte seismischer Ereignisse Vorschub zu leisten. Auch die Einwirkung plötzlicher Schwankungen, steiler Gradienten ist nur erst als diskutabel erkannt, nicht aber als feststehende Thatsache zu bezeichnen. Nur der doch wohl unangreifbare Umstand, dass die kältere Jahreszeit einen beträchtlichen Überschuss von Erderschütterungen der wärmeren gegenüber aufweist, spricht mit Entschiedenheit dafür, dass tektonische Störungen im Gezimmer der Erdrinde unter der Herrschaft hohen Luftdruckes leichter und häufiger vorkommen, als unter derjenigen niedrigen Luftdruckes.«

Die weiteren Ergebnisse, zu denen er gelangt, sind folgende:

»Eine Neigung der obersten Lagen der Erdrinde, in einer steten Unruhe zu verharren, würde wahrscheinlich auch dann vorhanden sein, wenn der Erdball von gar keiner Atmosphäre umschlossen wäre, doch kombinieren sich zweifellos die eigenen Bewegungen dieser letzteren mit den spontanen Bodenschwingungen derart, dass eine sehr verwickelte und in die den einzelnen Impulsen entsprechenden Komponenten nicht leicht auflösbare Gesamtbewegung sich herausbildet. Ob direkte oder indirekte Folgen der Verschiedenheit des Luftdruckes hierbei die Hauptrolle spielen, d. h. ob bloss der Wind Anstösse erteilt, oder ob die abwechselnde Be- und Entlastung des Bodens das eigentlich Massgebende ist, das kann, da die Aussprüche hervorragender Forscher sich zur Zeit noch ganz unvermittelt gegenüberstehen, erst von künftigen Generationen zur Entscheidung gebracht werden. Ein ursächlicher Zusammenhang zwischen rascher

Druckverminderung und lebhafter Oszillation des Bodens scheint aber in jedem Falle zugestanden werden zu müssen.

Der Eruptionsakt solcher Vulkane, die sich in kontinuierlichem Erregungszustande befinden, wird unzweifelhaft durch den Luftdruck in der Weise beeinflusst, dass die Pulsationen sich verstärken, wenn jener Druck sich vermindert. Ob bei der Mehrzahl der Feuerberge, bei denjenigen also, die nur ab und zu thätig werden, ein Zusammenhang des Eintrittes der Aktivität von sehr niedrigen Barometerständen wird jemals nachgewiesen werden können, das muss, wenn man die Mannigfaltigkeit der konkurrierenden Faktoren in Erwägung zieht, als recht fraglich bezeichnet werden, wogegen es so gut als gewiss ist, dass auch bei ihnen die Lebhaftigkeit des Ausbruches zu dem herrschenden Luftdrucke ungefähr im umgekehrten Verhältnisse steht.

Die Entbindung der bösen Wetter aus den Kohlenflözen steht nicht mit dem Luftdrucke als solchem, wohl aber mit den Schwankungen des Luftdruckes in ursächlicher Verbindung, indem steigende Tendenz des letzteren dem Ausströmen der Gase entgegenwirkt. Das Gesamtverhalten ist ein ähnliches wie bei den Vulkanausbrüchen und bei den unsichtbaren Bodenerzitterungen, welche letztere selbst wieder der Gasausscheidung Vorschub zu leisten scheinen.

Wenn in einem nicht völlig geschlossenen Wasserbecken Niveauveränderungen von durchaus unperiodischem Charakter zur Beobachtung gelangen, so muss als deren oberste Ursache eine Unregelmässigkeit im Ablaufe des Wassers an den Austrittsthoren — Flüssen, Meeresstrassen — angenommen werden, indem während des einen Zeitabschnittes mehr, während eines anderen weniger abgeführt wird. Sekundär wirken jedoch auch noch andere Faktoren mit, und zwar kommen Luftdruckveränderungen in erster Linie in Frage, so jedoch, dass deren indirekte Einwirkung, wie sie sich im Wehen der Winde offenbart, quantitativ vor der direkten Einwirkung — Hebung und Senkung des Spiegels, je nachdem auf ihm eine leichtere oder schwerere Luftsäule lastet — ganz entschieden vorwiegt. Vorhanden und erkennbar ist der direkte Einfluss sicherlich auch, wenn auch eine exakte numerische Berechnung der ihm zuzuschreibenden Niveauverschiebungen vorderhand nicht möglich ist.

Wenn an den Endpunkten *A* und *B* einer Linie, welche irgendwie quer durch die Oberfläche eines ganz oder doch fast allseitig abgeschlossenen Wasserbeckens gezogen ist, Luftdruckunterschiede in der Weise sich geltend machen, dass der Luftdruck in *A* grösser oder kleiner als in *B* wird, so muss bei *A*, resp. *B*, eine Senkung des Niveaus eintreten, und es wird so eine Oszillation eingeleitet, deren Amplitude sich rasch verkleinert und meist schon nach ziemlich kurzer Zeit zu Null wird. Verstärkt kann die Amplitude werden durch den Wind überhaupt, der die Herausbildung der Luftdruckdifferenz begleitet, ganz besonders aber durch Fallwinde, wenn deren Entstehung durch die Örtlichkeit begünstigt und vorbereitet war.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass jede Quelle, deren Strang und Sammelstätte dem Zutritte der atmosphärischen Luft entzogen sind, bei stärkerem Luftdrucke weniger, bei schwächerem Luftdrucke mehr Wasser liefert. Äusserlich drückt sich dieses Verhältnis in der Erscheinung aus, dass viele Quellen bei raschem Sinken des Barometers, beim Übergange von heiterem zu schlechtem Wetter ein getrübtes Wasser liefern.

Wie schon eine allgemeine Erwägung es wahrscheinlich machte, und wie es P. Cartellieri für die Kohlensäuresprudel Westböhmens zahlenmässig als normativ erkannte, so ergiebt sich auch rechnerisch als Gesetz: Die Menge des aus geschwängerten Gewässern in der Zeiteinheit sich abscheidenden Kohlensäuregases ist dem augenblicklichen Luftdrucke umgekehrt proportional. Eine grosse Anzahl von Beobachtungen an solchen Gasquellen, insbesondere über deren Beeinflussung durch die Witterung, findet durch dieses Gesetz die zureichende Erklärung.«

Als Endresultat ist anzunehmen, dass der Luftdruck, abgesehen von der Meteorologie, ein geophysikalischer Faktor von nicht zu unterschätzender Bedeutung ist.

Die Verteilung des Luftdruckes über Europa während der Trockenzeiten des Frühlings und Sommers 1893 ist von E. Less untersucht worden[1]. Hiernach haben in den Monaten März und April zwei verschiedene Arten der Luftdruckverteilung mit einander abgewechselt, welche aber darin übereinstimmten, dass in beiden das normal im Frühlinge mitten auf dem Atlantischen Ozeane, mit dem Zentrum ein wenig unterhalb der Azoren gelegene Gebiet hohen Luftdruckes, weiter nach Nordost vorrückend, die Witterung in West- und Mitteleuropa fast ausschliesslich beherrschte.

Mit Beginn des Mai trat an die Stelle des azorischen Maximums, welches solange die Trockenheit verursacht hatte, hoher Luftdruck von den nördlichsten Breiten des Atlantischen Ozeans, beziehungsweise vom nördlichen Eismeere, eroberte sich ein weites Feld auf dem europäischen Kontinente und liess hier die herrschende Dürre fortbestehen.

In den folgenden Monaten wurde der trockene Witterungscharakter im allgemeinen durch das Zusammenwirken dieses nordischen mit dem azorischen Maximum aufrecht erhalten, wobei aber letzteres im Laufe des Sommes wieder mehr und mehr in den Vordergrund trat, schliesslich im August wieder allein verschiedene Teilmaxima nach dem Kontinent entsandte.

Fragt man nach den Gründen, warum die Fähigkeit des nordwestlichen Europas, die in seinem Gebiete erscheinenden Anticyklonen

---

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1894. p. 121 u. ff.

heranzuziehen und zu verstärken, zu der häufigen Wiederkehr der anticyklonalen Luftdruckverhältnisse im letzten Frühlinge und Sommer beitragen konnte, bis sich dieselbe im Laufe des Sommers mehr und mehr verlor, so wird man, wie Verf. ausführt, naturgemäss zuerst die gleichfalls oft lange fortbestehenden Wärmeabweichungen ins Auge fassen. »In diesen unterschieden sich aber die Jahre 1891 und 1893 nicht unwesentlich voneinander. In beiden ist zwar der ungleichartig verlaufende Frühling auf einen ausserordentlich strengen Winter gefolgt. Während jedoch im Winter und Frühlinge 1891 der Frost in einem breiten Bande, das sich von Sibirien nach Zentralrussland erstreckte, am schärfsten auftrat, also etwas südlich von der Gegend, in welcher allein die mittlere Höhenänderung der Maxima noch im Sommer positiv blieb, bildete sich in den ersten Januartagen 1893 nach dem Erscheinen einer über 790 *mm* hohen Anticyklone zwischen dem Bottnischen Busen und Weissen Meere ein sekundäres Kältezentrum aus, welches seit Anfang Februar bisweilen, seit der ersten Hälfte des März beständig zum absoluten Kältemaximum wurde und erst im April sich weiter ostwärts verschob.«

Verf. nimmt also an, dass eine der auffallendsten Eigentümlichkeiten des letzten Frühlings und Sommers, das häufige Verweilen der Anticyklonen im nordwestlichen Europa bis zu gewissem Grade vielleicht als eine Folge der Witterungsverhältnisse des vorangegangenen Winters zu erklären ist. »Natürlich kann diese Annahme keineswegs bereits als erwiesen gelten, um so weniger, als die vorherrschende Lage jener Anticyklonen mit dem Kältezentrum des Frühlings nicht genau zusammenfiel, sondern etwas westlicher war, vielleicht deshalb, weil die ersten hohen Maxima, die im März und April nach Europa vordrangen, dem Westen entstammten. Sollte jedoch eine spätere Bearbeitung ähnlicher Fälle ergeben, dass die obigen Auffassungen der Witterungsvorgänge des letzten Jahres den Thatsachen im wesentlichen entsprachen, so würde damit der Beweis erbracht sein, dass die lokalen Verhältnisse einer Gegend, insbesondere ihre Temperaturanomalien, welche nach Hann die Entstehung der wandernden Anticyklonen zwar nicht zu bewirken vermögen, doch für die Erhaltung und Verstärkung derselben von sehr grosser Bedeutung sind. Es wäre zugleich eine Erklärung dafür gegeben, dass nicht selten ausgedehnte Anticyklonen mit längeren Pausen auf dem gleichen Gebiete einander mehrfach zu folgen pflegen, wenn auch in den Zwischenzeiten die Witterung desselben sich durchgreifend geändert, eine Stelle jedoch ihre ausgesprochene Temperaturanomalie beibehalten hat. Und da der vorherrschende Witterungscharakter längerer Zeiträume zum grossen Teile von Lage und Umfang der Gebiete hohen Luftdruckes abhängig ist, so würde diese Erklärung wohl auch geeignet sein, über die besonders von Hann und von Hellmann aufgedeckten Beziehungen zwischen den Temperaturanomalien aufeinanderfolgender Jahreszeiten einiges Licht zu verbreiten.«

16. Nebel und Wolken.

Die bei Ballonfahrten gewonnenen Feuchtigkeitsangaben sind bezüglich ihrer wissenschaftlichen Verarbeitung von Prof. W. v. Bezold untersucht worden [1]. Als Massstab der Luftfeuchtigkeit benutzt man gewöhnlich den Dunstdruck, die absolute und die relative Feuchtigkeit, und es genügt auch die Angabe dieser drei Grössen oder zweier von ihnen, um den Feuchtigkeitsstand zu charakterisieren, wenn man bestimmte Teile der Atmosphäre ins Auge fasst, und entweder die Feuchtigkeitsverhältnisse in einem gegebenen Augenblicke oder den zeitlichen Verlauf derselben darstellen will. Anders liegen dagegen die Verhältnisse, wenn man eine Luftmenge auf ihrem Wege durch die Atmosphäre begleiten und dabei die Aufnahme oder Abgabe von Wasser in das Bereich der Betrachtung ziehen will. Nimmt man z. B. an, man habe eine Luftmenge mit bestimmtem, gleichbleibendem Mischungsverhältnisse von Wasserdampf und trockener Luft, und man wolle die Veränderungen untersuchen, die sie erfährt, wenn sie in der Atmosphäre in die Höhe steigt, so wird sich trotz des konstanten Mischungsverhältnisses sowohl der Dunstdruck als auch die absolute Feuchtigkeit im allgemeinen ändern. Umgekehrt kann die relative Feuchtigkeit konstant bleiben, während in Wahrheit fortgesetzt Wasser ausgeschieden wird, wie dies z. B. der Fall ist, wenn ein aufsteigender Luftstrom die Sättigungsgrenze überschritten hat.

Man war deshalb bei theoretischen Untersuchungen schon längst gezwungen, noch zwei andere Grössen einzuführen, durch deren Benutzung nicht allein solche Untersuchungen erst möglich werden, sondern die auch sonst geeignet sind, einen tieferen Einblick in die Feuchtigkeitsverhältnisse zu gewähren. Diese Grössen sind einerseits die in der Masseneinheit der Luft enthaltene Dampfmenge, die man passend die »spezifische Feuchtigkeit« nennen kann, anderseits die der Masseneinheit trockener Luft beigemischte Wassermenge, d. i. kurzweg das »Mischungsverhältnis«.

Wie wichtig die Kenntnis dieser Grössen bei der Bearbeitung der bei Ballonfahrten gewonnenen Beobachtungszahlen ist, geht aus der einfachen Überlegung hervor, dass sie konstant bleiben müssen, solange der Ballon seinen Weg in Begleitung der ihn umgebenden Luft fortsetzt, wie mannigfach auch sonst die Veränderungen sein mögen, welche diese Luft hinsichtlich des Druckes und der Temperatur und damit auch hinsichtlich der absoluten und relativen Feuchtigkeit erleiden mag. Desgleichen erfahren diese Grössen keine Veränderung, solange der Ballon innerhalb eines und desselben auf- oder absteigenden Stromes bleibt, vorausgesetzt, dass die Sättigungsgrenze nicht überschritten wird, und dass keine fremde Luft von anderem Wassergehalte beigemischt wird. Deshalb bietet auch umgekehrt die

---

[1] Zeitschrift f. Luftschiffahrt 1894. p. 1.

Änderung dieser Grössen in gewissem Sinne einen Massstab für die Beimischung fremder Luftmengen, ein Vorgang, dessen Studium von der allergrössten Bedeutung ist.

Prof. von Bezold entwickelt nun die Beziehungen, welche zwischen diesen beiden Grössen und anderen bestehen, welche man sonst zur Charakterisierung der Feuchtigkeitsverhältnisse zu benutzen pflegt. Es ergiebt sich hierbei, dass bei gleichbleibendem Drucke und wechselnder Temperatur die absolute Feuchtigkeit Änderungen erfährt, auch wenn die Zusammensetzung der Luft die gleiche bleibt. Nimmt man hingegen das Volum als unverändert an, so findet man, dass die Erwärmung einer in einem unausdehnbaren Gefässe eingeschlossenen Luftmenge von bestimmter unveränderter Zusammensetzung bei gleichbleibender absoluter Feuchtigkeit ein Steigen des Dampfdruckes und eine Abnahme der relativen Feuchtigkeit bedingt. Die schon durch diese Betrachtungen erwiesene Bedeutung der spezifischen Feuchtigkeit und des Mischungsverhältnisses wird noch überzeugender an zwei Beispielen nachgewiesen, von denen das erste die mittlere Verteilung des Wasserdampfes in einer vertikalen Luftsäule von 0 bis 9000 *m* Höhe zur Anschauung bringt. Professor v. Bezold giebt die Tabelle wieder, welche Hann für die vertikale Verteilung des Wasserdampfes in seiner »Klimatologie« berechnet hat, und fügt derselben unter Beibehaltung der Hann'schen Annahmen einer Temperatur von 20^0 und eines Dunstdruckes von 10 *mm* an der Erdoberfläche die Werte bei, die sich für die spezifische Feuchtigkeit in den verschiedenen Luftschichten berechnen.

Aus der Tabelle und aus der graphischen Darstellung der Werte von e, x, R und b (Luftdruck) ersieht man nun, wie die Abnahme der Feuchtigkeit verläuft, wenn man das Mischungsverhältnis berücksichtigt: Während der Dunstdruck nach der Hann'schen Formel schon bei einer Höhe von kaum 2000 *m* auf die Hälfte des an der Erdoberfläche gemessenen reduziert ist, muss man sich auf 3000 *m* erheben, um das Mischungsverhältnis oder auch die spezifische Feuchtigkeit gleich stark vermindert zu sehen. In einer Höhe von 9000 *m* aber beträgt der Dunstdruck nur noch $^1/_{25}$ von dem der untersten Schicht, das Mischungsverhältnis aber $^1/_8$ und die spezifische Feuchtigkeit etwas mehr als $^1/_9$ der unten vorhandenen.

Sehr eigenartig stellt sich der Verlauf der relativen Feuchtigkeit dar, indem sie bei 2000 *m* Höhe ein Maximum erreicht, um von da an zuerst allmählich und dann sehr rasch abzunehmen. Das Maximum fällt demnach gerade in jene Schicht, in welcher die meisten und wohl auch dichtesten Wolken aufzutreten pflegen, und kann man in diesem Zusammentreffen eine Bestätigung für die richtige Wahl der gemachten Annahmen erblicken. Verf. betont jedoch, dass schon ganz geringfügige Änderungen im Verlaufe der Temperatur auch die Werte der relativen Feuchtigkeit wesentlich verändern würden.

Interessanter noch ist das zweite Beispiel, welches das Verhalten einer ohne Beimischung fremder Luftmengen, sowie ohne Wärmezufuhr oder Wärmeentziehung aufsteigenden Luftmenge behandelt. Prof. v. Bezold geht aus von einer Luft, welche an der Erdoberfläche bei einer Temperatur von 27° einen Dunstdruck von 11.4 *mm* besitzt, und findet, wenn er sie bis zur Höhe von 7120 *m* aufsteigen lässt, in den verschiedenen Höhen folgende Werte:

h	*b*	*e*	*x*	*t*	*R*
0 *m*	760 *mm*	11.4	9.5	27°	43
1000	675	10.2	9.5	20	58
1680	608	9.1	9.5	10	100
3680	486	4.6	6.0	0	100
7120	312	0.9	1.9	— 20	100

Es ergiebt sich hieraus, wie wichtig es ist, bei der Verarbeitung der Feuchtigkeitsangaben aus verschiedenen Höhen neben dem Dunstdrucke und der relativen Feuchtigkeit auch noch das Mischungsverhältnis oder die spezifische Feuchtigkeit mit in Betracht zu ziehen; besonders wenn man beachtet, dass die Differenzen von *x* für eine beliebige Höhenstufe unmittelbar die Wassermengen geben, welche beim Aufsteigen der Luft durch diese Schicht ausgeschieden worden sind. Weiter könnte man auch aus dem oben erwähnten Verlaufe der Mittelwerte dieser Grössen auf die Wassermengen schliessen, welche im Durchschnitte in den einzelnen Schichten der Atmosphäre ausgeschieden werden, und daraus im Zusammenhange mit den an der Erdoberfläche gemessenen Niederschlagsmengen auf die mittlere Intensität des vertikalen Luftaustausches.

Abnahme des Wasserdampfgehaltes mit der Höhe in der freien Atmosphäre. Bei den wissenschaftlichen Ballonfahrten des Münchener Vereins für Luftschiffahrt wurden Beobachtungen zur Prüfung der 1874 von Prof. Hann aufgestellten empirischen Formel über die Abnahme des Wasserdampfgehaltes mit der Höhe angestellt[1]). Die Hann'sche Formel lautet:

$$\log e_h = \log e_0 - \frac{h}{6500},$$

wobei e_0 den Dampfdruck am Boden, e_h den in der Höhe *h* Meter über dem Boden bedeutet.

Diese Formel stellt die beobachteten Dampfgehalte im allgemeinen innerhalb des Millimeters richtig dar. Mit Ausnahme der letzten Fahrt beträgt die mittlere Abweichung nur ± 0.5 *mm*. Die starke Anomalie bei der letzten Fahrt findet sich nicht nur im höchsten Punkte, sondern bei allen Beobachtungen oberhalb 800 *m* in gleichem Sinne und wechselnder Grösse. »Am stärksten ist sie bei 1500 *m* Höhe, wo um $6^h\ 51^m$ der Dampfdruck 2.0 *mm* beobachtet wurde. Das darunterliegende Terrain am Nordfusse der Rauhen Alb liegt

[1]) Meteorologische Zeitschrift 1894. p. 372.

circa 300 *m* hoch. Hann's Formel ergiebt für diese Höhe aus der Ballonbeobachtung 3.0 *mm*, was sicher um 5—6 *mm* zu niedrig ist. Angesichts der vielfachen Bestätigung der Hann'schen Formel ist an der Richtigkeit derselben wenigstens für Mittelwerte nicht zu zweifeln. Das letzterwähnte Beispiel zeigt nur, welch' grosse Abweichungen im Einzelfalle vorkommen können, und die Formel ist dann ein willkommenes Hilfsmittel zur Konstatierung des Betrages der Anomalie. Dass die grosse Abweichung nach der positiven Seite zu liegt, das heisst, dass die Luft in der Höhe weit trockener ist, als dies nach der Formel zu erwarten wäre, scheint ein Zufall zu sein. In der That hat ja die Luft in der freien Atmosphäre bei wiederholtem Auf- und Absteigen viel häufiger und ausgiebiger Gelegenheit, Feuchtigkeit zu verlieren, als aufzunehmen, und daher sind abnorm trockene Luftschichten wohl erklärlich. Ihre Trockenheit beweist eben, dass sie schon relativ lange nicht mehr mit der Erdoberfläche, der Quelle des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft, in Berührung gekommen sind. Die Richtigkeit der Hann'schen Formel für mittlere Verhältnisse vorausgesetzt, muss man dann auch noch schliessen, dass die vereinzelten grossen positiven Abweichungen durch sehr viele kleine negative kompensiert werden.

Die Bewegung der Wolken in bezug auf die Verteilung des Luftdruckes ist von Pomortseff studiert worden [1]). Hiernach bewegen, sich die Schichten, in denen die Cumuluswolken schweben, fast immer in der Richtung der Isobare, die durch den Standpunkt des Beobachters geht. Cirrus, Cirrocumulus und Cirrostratus beschreiben sehr lange gerade Linien, in denen sie gewissermassen einen grossen Strom bilden, dessen Richtung fast parallel der Isobare von 760 *mm* ist, welche die Verbindungslinie der äussersten Punkte des gerade vorhandenen barometrischen Maximums und Minimums bildet.

17. Niederschläge.

Gehalt des Niederschlags an Stickstoffverbindungen. Petermann und Graftiau haben Untersuchungen über den Stickstoffgehalt der Niederschläge zu Gembloux vom 1. Juni 1889 bis 31. Dezember 1891 angestellt [2]). Als mittlerer Gehalt ergab sich 1.49 *mg* Stickstoff pro Liter, für die Regenhöhe der beiden angegebenen Jahre also 10.31 *kg* Stickstoff pro Hektar und Jahr. Dieses Quantum ist geringer als dasjenige, welches im Mittel zu Montsouris bei Paris gefunden wurde (14.28 *kg*), und das man an den deutschen und italienischen landwirtschaftlichen Anstalten fand (11.30 *kg*). Es übertrifft aber die zu Rothamsted (England) gefundene Zahl von 7.36 *kg*.

---

[1]) Nach einem Berichte in Ciel et Terre 1894. **11.** p. 268.

[2]) Mémoires de l'académie des Sciences de Belgique **49.** Ciel et Terre **14.** p. 409. Meteorologische Zeitschrift 1894. p. 310.

In bezug auf die Zusammensetzung des atmosphärischen Niederschlages ergiebt sich also, dass der Stickstoffgehalt desselben ein sehr variabler ist. Ebenso ist derselbe sehr verschieden bezüglich des relativen Gehaltes des Regens an Ammoniak und salpetriger Säure von Monat zu Monat und von Jahr zu Jahr.

Bemerkenswert ist, dass, wenn man die Mittel, welche man durch fortgesetzte Beobachtungen während mehrerer Jahre erhält, verwendet, dieses relative Verhältnis an den verschiedenen Stationen ein sehr konstantes ist.

Auf 100 Teile Stickstoff entfällt:

	Gembloux	Rothamsted	Montsouris	Deutsche u. ital. Stationen
Ammoniak	76	75	73	73
Salpetersäure u. salpetrige Säure	24	25	27	27

Obwohl also der Gehalt der Niederschläge an Stickstoffverbindungen grossen Schwankungen unterworfen ist, so bemerkt man doch, dass er einem gewissen Gesetze unterliegt. Von April an verringert sich der Gehalt und erreicht im Juni und Juli sein Minimum, um dann sehr regelmässig zu steigen und ein Maximum im Februar zu erreichen.

Die Kurve, welche den Betrag des Niederschlages darstellt, befolgt einen umgekehrten Verlauf. Mehr als irgend ein anderer Umstand fliesst bei der Zusammensetzung des Niederschlags die Regenmenge ein. Das Produkt der zwei Faktoren, Regenmenge und Gehalt des Niederschlages, bedingt die Menge des Stickstoffes, welcher der Erdoberfläche zugeführt wird.

Wie bereits Boussingault durch einige Analysen festgestellt hat, ist der Nebel und der Niederschlag in fester Form reicher an Stickstoff als die gewöhnlichen Regen. Die Analysen von Graftiau und Petermann lassen erkennen, dass dieser Ursache auch das Absteigen der Kurve des Stickstoffgehaltes vom Winter zum Sommer zuzuschreiben sei.

Beide haben auch Bestimmungen des Stickstoffgehaltes des Nebels, des Rauhreifs und Schnees angestellt. Man erkennt sofort, wie reich letztere Niederschlagsarten an Stickstoff sind, wenn man sich erinnert, dass das allgemeine Mittel 1.49 *mg* pro Liter beträgt. Bei Nebel ergab sich 4.41 *mg* pro Liter, bei Rauhreif 7.52 *mg* und endlich bei Schnee 7.40 *mg*.

Besonders der Reichtum des Rauhreifs an Stickstoff verdient unsere Aufmerksamkeit, denn er zeigt uns einen der interessantesten Punkte des komplizierten Mechanismus der Zirkulation und der Verteilung des Stickstoffes in der Welt.

Der Rauhreif, welcher sich an die Zweige anhängt, bietet der Luft, welche ihn umspielt und sich fortwährend erneuert, eine sehr grosse Absorptionsfläche dar; und die Bäume, die Anpflanzungen und die Wälder erscheinen so wie grosse Filter, um die Luft zu reinigen, welche durch sie hindurchstreicht. Sie berauben die Luft ihrer

Stickstoffverbindungen, und diese dienen von neuem den Pflanzen als Nahrung.

Der gesteigerte Gehalt der Niederschläge an Stickstoff zur Winterszeit bezieht sich sowohl auf den Ammoniak als auf die salpetrige Säure.

Die grössten Regenmengen in Österreich. Nach den Mitteilungen von Prof. Hann [1]) finden sich die grössten Regenmengen Österreichs in Süddalmatien.

Nach etwas mehr als $4^1/_2$-jährigen Messungen hat Jankov Vrh 383 *cm* jährliche Regenmenge, Crkvice 409 *cm*, die 6-jährigen Messungen an letzterem Orte liefern sogar 429 *cm*. »Dies ist ein wahrhaft tropischer Regenfall auch insofern, als er sich auf 6—7 Monate zusammendrängt. Der November hat im 7-jährigen Mittel 910 *mm* Regenfall, d. i. die doppelte Jahresmenge der trockensten Gegenden von Österreich, im Oktober und November zusammen fallen 147 *cm* und im März und April 95 *cm*, dagegen in den drei Monaten Juni bis August nur 21 *cm*.

Die jährliche Regenmenge von Crkvice wird in Europa nur übertroffen von jener zu the Stye im Seendistrikte von Cumberland mit 472 *cm* (Seathwaite hat nur 364 *cm*), übertrifft aber die grösste sonst bekannte Regenmenge in Süd-Europa, d. i. jene auf der Nordseite der Serra da Estrella (40.4^0 n. Br., 1440 *m* Seehöhe) mit 390 *cm* im 5-jährige Mittel.

Die Monatssumme von Crkvice ist 1704 *mm*, jene von Jankov Vrh 1538 *mm*. Zum Vergleiche mag angeführt werden, dass die grösste Monatssumme zu Hermburg in Krain 1887—1893 inklusive 1450 *mm* im Oktober 1889, jene auf der Serra da Estrella 1236 im März 1886 (5 Jahre 1882—1886) war; die grössten Tagessummen an diesen Orten waren 233 *mm* am 31. Oktober 1889 zu Hermsburg und 292 *mm* am 4. März 1886 auf der Serra da Estrella. Die grossen Regenmengen fallen zu Crkvice (wie zu Hermsburg auf der Südseite des Krainer Schneeberges) bei Südwinden.

Der Wolkenbruch im oberen Thurgau am 25. Mai 1894 ist von A. Hess untersucht worden [2]). Er ereignete sich, wie zu erwarten, als die Schweiz in ein Depressionsgebiet aufgenommen war. Das Zentrum desselben lag bei Nizza, und die Depression umfasste am 25. Mai ganz Süddeutschland, einen Teil Frankreichs und ganz Italien, am folgenden Tage ganz Mitteleuropa (Zentrum über Böhmen) und am 27. Mai fast ganz Europa, ausser Spanien und Irland, wo hoher Druck herrschte. Die Niederschläge schritten gleich wie das Zentrum von Süden in nordöstlicher Richtung fort, vom Mittelmeere durch ganz Deutschland. Der Umsturz der Witterung im Thurgau erfolgte unter Blitz und Donner. Das Maximum der Niederschläge am 25. Mai wurde im Kantone zu Amrisweil mit 134 *mm* gemessen, Kreuzlingen hatte 109 *mm*.

---

1) Meteorol. Zeitschrift 1894. p. 192.
2) Mitteilungen der Thurgauer Naturf. Gesellschaft 1894. Heft XI.

Die Niederschlagsschwankungen im europäischen Russland hat Eugen Heintz untersucht[1]). Es wurden dabei nur solche Stationen in Betracht gezogen, die mindestens 25 Beobachtungsjahre aufweisen, wodurch sich die Zahl der brauchbaren Stationen auf 22 vermindert. Als Ergebnis der Untersuchung ist folgendes anzusehen: »Für keine einzige Station ist es gelungen, so bestimmte Perioden der Schwankungen der Niederschläge nachzuweisen, dass auf eine ebenso regelmässige Wiederkehr derselben in der nächsten Zeit mit Bestimmtheit geschlossen werden könnte. Daher kann die vorliegende Untersuchung nur ein Bild der Schwankungen der Niederschlagsmengen geben, die auf den Stationen seit den letzten 50 Jahren beobachtet wurden.

Hier sehen wir die mannigfaltigsten Schwankungen. Auf einigen Stationen folgen die Maxima und Minima rasch aufeinander, wie z. B. die fünfjährigen Mittel von Helsingfors, Krakau, Kiew und Tiflis. Auf anderen Stationen dagegen folgen die Minima und Maxima nach langen Zeitperioden, wie z. B. in Riga. Dann haben wir wieder Stationen, die nach einer gewissen Periode von Schwankungen ihre frühere Ausgesprochenheit verlieren, so dass ihre Kurve der Abscissenaxe fast parallel läuft. Dies können wir z. B. an St. Petersburg beobachten, wo die Niederschlagsmenge vom Dezennium 1861—1870 sich nur wenig ändert, wobei sie anormal gross bleibt, oder an Warschau, wo schon im Dezennium 1856—1865 derselbe Fall eintritt mit dem Unterschiede, dass hier die Niederschlagsmenge zu kleine Werte aufweist. Noch auf anderen Stationen wird eine ununterbrochene Zunahme der Niederschläge beobachtet, wovon uns Kiew ein Beispiel giebt.

In sechs Gruppen zusammengefasst, ergiebt sich folgende Übersicht der Mittelwerte in Zentimetern:

	1836—1845	1841—1850	1846—1855	1851—1860	1856—1865	1861—1870	1866—1875	1871—1880	1876—1885	1881—1890
I. NW. Russland	**58**	**58**	49	47	**46**	51	54	57	**62**	59
II. W. Russland	—	60	**72**	68	62	61	62	63	**64**	62
III. Zentr. Russland	—	53	58	56	49	53	57	**60**	59	53
IV. S. Russland	—	37	36	**39**	36	39	41	45	**46**	45
V. O. Russland	37	42	**45**	41	37	36	42	**47**	43	44
VI. SO. Russland	—	18	18	**21**	17	18	20	**22**	21	19
Ganz Russland	—	44	**46**	45	41	43	46	**49**	**49**	47
Ganz Russland (ohne die III. Gruppe)	—	42	**45**	43	39	41	45	**47**	**47**	46
Perioden nach Professor Brückner			Feuchte Periode.			Trockene Periode.			Feuchte Periode.	

[1]) Repertorium für Meteorologie **17.** Nr. 2





Ed. H. Mayer, Verlag.
Leipzig.

Klein, Jahrbuch V.
Tafel IV.

Verheerungen des Tornado in Lawrence.

Man ersieht hieraus, dass die berechneten periodischen Niederschlagsschwankungen für ganz Russland angenähert mit den Perioden von Prof. Brückner zusammenfallen, und dass dies teilweise auch für die einzelnen Gruppen gilt. »Leider zeigen sich aber bei den einzelnen Orten so grosse und unregelmässige Abweichungen von dieser allgemeinen Periodizität, dass die letztere praktisch nicht zu verwerten ist, d. h. in keiner Weise dazu benutzt werden kann, um die Frage zu entscheiden, ob die folgenden Jahre für irgend einen Ort reich oder arm an Niederschlägen sein werden. Höchstens wird man sie dazu verwenden können, um für grössere Gebiete die Wahrscheinlichkeit des Eintretens trockener oder feuchtrer Perioden anzugeben.«

Die Bildung des Hagels ist von C. Marangoni besprochen worden[1]). Er geht von der Ansicht aus, dass die hagelaussendenden Wolken eine um so grössere Geschwindigkeit zeigen, je mächtiger und zerstörender der Hagel ist; die beobachteten Geschwindigkeiten betragen 13—156 *km* in der Stunde. Stellen wir uns eine Hagelwolke vor, so wird der immer stärker wehende Wind dieselbe zu einer horizontalen Zunge ausziehen, deren äusserlichste Tropfen lebhaft verdunsten, intensive Kälte erzeugen und andere Tropfen zu trockenen Schneeflocken erstarren lassen, welche etwas zurückbleiben und von den inneren Tropfen der Wolke gerieben werden. Hierdurch entsteht in der äusseren Hülle negative und in der unteren Schicht positive Elektrizität. Infolge der gegenseitigen Anziehung der entgegengesetzt geladenen Schichten gelangen die kleinen Hagelkörner inmitten der positiven Tropfenschicht und bedecken sich hier mit einer erst trockenen und dann feuchten Eisschicht. Da nun nach einer Untersuchung von Lenard das Auffallen von Tropfen reinen Wassers auf feuchte Körper beide positiv elektrisch macht, während die verdrängte Luft negativ wird, so werden auch die feuchten Hagelkörner durch Reibung mit den Wassertropfen positiv und infolge dessen in die äussere Eisschicht abgestossen, wo sie sich unter Null abkühlen und durch Reibung mit der Wolkenschicht negativ werden; hierdurch werden sie von neuem in die Wolke hinein angezogen u. s. w. So beschreibt nach Ansicht von Marangoni jedes Korn, während es der Bewegung der Wolke verzögert folgt, eine Wellenlinie und vergrössert sich, indem es sich abwechselnd mit Schichten durchsichtigen Eises und mit Schnee bedeckt, je nachdem die Körner sich in der Wolken- oder in der Schneeschicht befinden. Dies ist in der That die charakteristische, konstante Struktur der etwas grossen Hagelkörner. Das zunehmende Gewicht der Hagelkörner veranlasst, dass die Wolke sich immer mehr senkt, und der Hagel schliesslich zu Boden fällt.

---

[1]) Atti della Reale Accademia dei Lincei 1893. [5.] **2.** p. 346.

Neue Untersuchungen über Hagelschläge hat Dr. Cl. Hess angestellt, und zwar über die Hagelschläge, welche in der Schweiz während der Jahre 1883—1891 stattgefunden haben. Bei der für die Landwirtschaft ausserordentlich grossen Wichtigkeit, welche die Ergründung von Gesetzmässigkeiten im Auftreten der Hagelwetter besitzt, haben die Untersuchungen von Hess eine allgemeinere Bedeutung. Die Schweiz ist nach Ausweis der statistischen Aufzeichnungen in hohem Masse der Tummelplatz von Hagelwettern, auch zeigt schon eine oberflächliche Musterung des Materials, dass die verschiedenen Landesgegenden in sehr verschiedenem Grade heimgesucht werden. Es liegt daher die Vermutung nahe, dass zwischen den oro- und hydrographischen Verhältnissen des Landes und der Häufigkeit der Hagelschläge ein engerer Zusammenhang bestehe. Nach dieser Richtung hin hat nun Dr. Hess seine Untersuchungen angestellt und dabei alle beobachteten Hagelzüge und auch alle Einzelwahrnehmungen in Einzelkarten eingetragen. Die genauere Prüfung des Materials führt dann zu interessanten Schlüssen, von denen einzelne natürlich nur eine lokale Bedeutung für die Schweiz haben können. So z. B. ergab sich, dass im Gebiete des eigentlichen Hochgebirges, der schweizerischen Bergriesen, Hagelschläge viel seltener eintreten als in den Voralpen und dem Hügellande. Doch beweisen einzelne Fälle in den Hochthälern Graubündens, auf der Höhe der Grimsel, und auf dem Grossen St. Bernhard, dass es auch Hagelzüge giebt, welche sich über die höchsten Gipfel der Alpen hinwegbewegen. Ferner sind zur Hagelbildung vorzugsweise disponiert diejenigen Thäler der Voralpen und des Jura, welche durch eine westöstliche lagernde Gebirgskette gegen Süden abgeschlossen sind. Thäler, in denen der Föhn gern auftritt, haben dagegen weniger Hagelfälle als andere. Von allgemeiner Bedeutung sind folgende Ergebnisse der Untersuchung: in den Thälern sind Hagelwetter häufiger als auf den anstossenden Bergen. Bergrücken können Hagelschläge mildern, in Riesel umwandeln oder in Regen überführen. In Sumpf- und Seethälern ist die Hagelbildung häufiger als über baumreichem Kulturboden. Wenn ein Gewitterzug über eine quergerichtete Bergkette hinwegzieht, so ist auf der Vorderseite die Hagelbildung häufiger als auf der Rückseite. Flussthäler, welche in der Richtung der Gewitterzüge ansteigen und abschliessen, begünstigen die Hagelbildung. Über stark bewaldetem Hügel- oder Berglande sind Hagelschläge seltener als über wasserreichen Thallandschaften und waldarmem Flachlande. Von 100 Hagelwettern, welche gegen ein waldreiches Hügelland heranziehen, überschütten etwa 60 auch die Waldungen mit Hagelkörnern, die übrigen werden entweder in Riesel oder in Regen aufgelöst. Beim Überschreiten eines ausgedehnten Kulturgebietes oder einer waldreichen Gegend nimmt im allgemeinen die Heftigkeit des Hagelschlages bis zum Verschwinden der Hagelkörner ab, der Hagelschlag geht in Regen über. Neue Wasserflächen oder Sumpfgebiete bringen immer wieder

neues Leben in den Hagelzug, während wasserarme Kultur- und Waldgebiete in der Vorwärtsverlängerung des Striches ein allmähliches Erlahmen zur Folge haben. Die Wandlungen eines Hagelstreifens und das Intermittieren des Hagelschlages sind somit die Folgen der Feuchtigkeits- und Kulturverhältnisse des Bodens und seiner vertikalen Gliederung.

Der grosse Staubfall in Schweden und den angrenzenden Ländern am 3. Mai 1892. An jenem Tage 1 ^{h} nachmittags fand in Stockholm ein heftiger, doch kurzer Regen statt, dessen Tropfen nach dem Trocknen auf den Kleidern Flecke einer schlammartigen Substanz hinterliessen. Nordenskjöld, welcher diese Thatsache bemerkte, forderte in den Zeitungen zur Einsendung von Mitteilungen ähnlicher Wahrnehmungen auf, und solche trafen in grosser Fülle aus Finnland, Schweden, Norwegen, Dänemark, Deutschland u. s. w. ein. Dieses reiche Material diente ihm zu einer Untersuchung über die Ausbreitung und das Wesen dieses Staubfalles [1]).

Das Gebiet, über welches der Staubfall sich ausdehnte, erstreckt sich in einer Länge von 1650 *km* und einer Breite von 300 bis 500 *km* von Nordosten nach Südwesten über das südliche Finnland, das südöstliche Schweden und Dänemark bis an den südlichen Teil der Nordsee. Nordenskjöld nimmt jedoch an, dass das Gebiet des Staubfalles grösser gewesen, da derselbe nur dort beobachtet werden konnte, wo die Staubpartikel, durch flüssiges oder festes Wasser beschwert, in auffallender Form zu Boden fielen. In dem Fallgebiete hat der Staubfall an einzelnen Orten zwischen 9 ^{h} 20 ^{m} a. und 0 ^{h} 50 ^{m} p. Gr. Z. begonnen und mit längeren oder kürzeren Unterbrechungen bis 11 ^{h} p. Gr. Z. gedauert. Nimmt man an, was die Nachrichten sehr wahrscheinlich machen, dass überall der Staubniederschlag ein gleichmässiger gewesen, so erhält man aus den zu Stockholm ausgeführten Messungen die Gesamtmenge des am 3. Mai niedergefallenen Staubes gleich 500000 Tonnen.

Der Niederschlag bildete einen grauen, äusserst feinen Staub, der bei gelinder Erwärmung kohlschwarz und bei weiterem Erhitzen ziegelrot wurde. Unter dem Mikroskope zeigte er eckige, nicht abgeschliffene, durchsichtige, farblose Körner, die selten von Kristallflächen begrenzt waren und einen Durchmesser von 0.001 bis 0.01 *mm* hatten. Die Körner waren oft in eine braune, schwach durchsichtige, optisch indifferente, humusartige Substanz eingehüllt, die eine ganze Sammlung kleiner, eckiger, doppelbrechender Mineralkörner zu bräunlichen Bällchen verband. Die braune, humusartige Substanz war ein wesentlicher Bestandteil des Staubes und bildete $^1/_7$ der Gesamtmasse; sie zeigte keine Spur organischer Struktur und enthielt nur spärlich (wahrscheinlich durch lokale Verunreinigungen) Fragmente von Organismen. Die mikroskopische Analyse des Staubes ergab:

[1]) Meteorol. Zeitschrift 1894. **9.** p. 201. Gaea 1894. Heft 11 u. 12.

Quarz und Feldspat, den erwähnten braunen, organischen Stoff, geringe Mengen in Wasser löslicher Salze und geringe Mengen von Magnetit, Glimmer, Chlorit, Turmalin, Hornblende, Rutil. Die chemische Analyse des organischen, beim Glühen des Staubes sich verflüchtigenden Bestandteiles führte zu der Zusammensetzung: C 36.19, H 6.74, N 2.68, O 54.39 und die des übrigbleibenden Restes ergab: Kieselsäure 67.92, Phosphorsäure 0.34, Thonerde 15.42, Eisenoxydul 5.92, Manganoxydul 0.24, Kalk 3.99, Talk 1.73, Kali 2.98, Natron 1.27, H_2 S-Niederschlag 0.19. Aus den Löslichkeitsverhältnissen des Staubes in Wasser, Kieselfluorwasserstoff- und Schwefelsäure stellt sich schliesslich die Mineralmischung, wie folgt, heraus: Quarz 36 %, Silikate (hauptsächlich Feldspat) 49 %, organische Stoffe und chemisch gebundenes Wasser 14 %, Magnetit, Rutil, im Wasser lösliche Salze, Spuren.

Nordenskjöld vergleicht sodann seine Befunde mit den bekannten, älteren Beobachtungen von Staubregen und findet weder mit dem durch Winde fortgeführten, terrestrischen Staube, noch mit vulkanischem Staube, noch mit dem kosmischen von Meteoriten veranlassten, Übereinstimmung; er ist vielmehr geneigt, den Staubfall vom 3. Mai jener Klasse von Staubfällen zweifelhaften Ursprunges beizuzählen, denen der Passatstaub und der Polarstaub zugehören. Über den Ursprung dieser Staubmassen schliesst er sich der Vermutung Ehrenberg's an, nach welcher der Hauptbestandteil dieses Staubes aus einem permanenten Staubringe stammt, welcher unsere Erdkugel, der Äquatorialebene parallel, umgiebt, und von welchem ein langsamer, mit terrestrischem Staube mehr oder weniger vermischter Staubniederschlag stattfindet; durch Störungen können zeitweilig bedeutendere Massen dieses Staubes zur Erde herabgeführt werden.

18. Winde und Stürme.

Untersuchungen über den Einfluss des Windes auf den Boden hat J. A. Hensele angestellt[1]). Bezüglich der Beobachtungen selbst muss auf das Original verwiesen werden, hier genügt eine kurze Aufführung der Ergebnisse nach der Zusammenstellung von Breitenlohner: Wenn der Wind unter einem schiefen Winkel auf die Oberfläche eines Bodens einwirkt, so wird in allen Fällen ein Überdruck der Bodenluft erzeugt, welcher mit der Geschwindigkeit des Windes und mit der Vergrösserung des Einfallswinkels zunimmt. Dieser Überdruck nimmt mit der Tiefe der Schicht ab. Mit der Zunahme der Korngrösse der Bodenteilchen findet ein Anwachsen des Überdruckes statt. Der Druck der Bodenluft erfährt bei Krümelstruktur des Bodens in ungleich höherem Grade eine Zunahme als bei Einzelkornstruktur. Der durch den Wind erzeugte Überdruck der Luft ist im feuchten Zustande des Erdreiches geringer als im

[1]) Forschungen auf d. Gebiete d. Agrikulturphysik **16.** p. 311.

trockenen. Der Wind wirkt auf eine Verminderung des Kohlensäuregehaltes der Bodenluft ein. Diese Abnahme der Kohlensäure wächst mit der Zunahme der Geschwindigkeit und des Einfallwinkels des Windes. Die Verdunstung des Wassers aus dem Boden wird durch den Wind ausserordentlich gesteigert, und zwar in dem Grade, als die Windgeschwindigkeit zunimmt, jedoch nicht proportional derselben, sondern in einem kleineren Verhältnisse. Die Wasserverdunstung vergrössert sich mit dem Feuchtigkeitsgehalte des Bodens, vermindert sich jedoch mit der Mächtigkeit der Bodenschicht und der Tieflage des wasserhaltigen Teiles. Die bezüglich der Verdunstungsmenge zwischen bedecktem und nacktem Boden bestehenden Unterschiede erhalten sich auch bei der grössten Windgeschwindigkeit in gleicher Weise. Der unter einem Winkel einfallende Wind veranlasst eine ungleich stärkere Verdunstung als der horizontal hinstreichende. Mit der Temperatur des Windes nimmt die Verdunstungsmenge beträchtlich zu. Auf das kapillare Steigen des Wassers im Boden vermag der Wind keinen Einfluss auszuüben. Die Bodentemperatur wird unter sonst gleichen Umständen durch den Wind nicht unbeträchtlich herabgedrückt, und zwar im Verhältnisse der Zunahme der Windgeschwindigkeit und der Grösse des Einfallwinkels. Feinere Bodenarten verwehen schon bei gelinder Luftbewegung. Ein geringer Feuchtigkeitsgrad hebt die Flugbarkeit der Sandteilchen auf.

Höhe der Seebriese. Am 16. und 18. Oktober fanden bei Toulon zwei Ballonfahrten statt, welche wertvolle Daten über die geringe Höhe, bis zu welcher die Land- und Seebriesen hinaufreichen, lieferten[1]). Der erste Ballon stieg 11 ^{h} 20 ^{m} morgens am 16. Oktober bei SSW bis 500 *m*, drehte dann nach S und wurde in 1050 *m* Höhe südwärts auf das Meer hingetrieben. Beim Passieren der Küste in 1430 *m* Höhe führte NO-Wind den Ballon gegen die Halbinsel Cepet. Da die Balloninsassen aber den unten herrschenden SSW an der Richtung der Flaggen erkannten, liessen sie sich bis auf 300 *m* Höhe fallen, worauf der Ballon in die untere Strömung kam und nach Toulon zurückkehrte, so dass er im ganzen eine längliche Ellipse beschrieben hat. Der Ballon vom 18. Oktober, der 4 ^{h} 20 ^{m} nachmittags aufstieg, befand sich bis zu 400 *m* Höhe in einem östlichen Luftstrome, wurde aber in 600 *m* Höhe nach S, dem Meere zu, getrieben. Daher liessen sich die Luftschiffer bis 160 *m* sinken und erreichten hier wieder die östliche Luftströmung, die sie nach Toulon zurückbrachte. »Man erhält aus diesen beiden Fahrten von neuem die Bestätigung dafür, dass die an den Seeküsten herrschenden Land- und Seebriesen nur bis zu einer ganz geringen Höhe, höchstens 700 *m* hinaufreichen, um von da ab einer

[1]) Ann. d. Hydrographie 1894. p. 313.

entgegengesetzten Strömung oder besser gesagt, der allgemein herrschenden grossen Luftströmung Platz zu machen. Die Höhe, bis zu welcher Land- und Seewind der Küsten herrschen, unterliegt, wie obige Fahrten darlegen, einer stetigen Änderung, welche durch die Umkehr der Richtungen bei Tage und bei Nacht bedingt sein muss. In wie weit die verschiedenen Jahreszeiten auf die Höhe dieses Küstenwindes einwirken, dürfte ein weiterer Gegenstand lehrreicher Forschungen zukünftiger Ballonfahrten werden.

Die grössten Änderungen in der Richtung der Luftströmungen treten hier erst in beträchtlicheren Höhen auf, als bei den Ballonbeobachtungen auf Coney Island, Long Island, New-York im Jahre 1887. Als obere Grenze der Seebriese über dem Boden wurden dort nur 90 bis 120 *m* (300 bis 400 Fuss) gefunden, während hier der allerniedrigste Wert noch immer 160 *m* beträgt.«

Die tägliche Periode der Windgeschwindigkeit auf dem Sonnblickgipfel und auf den Berggipfeln überhaupt ist von Prof. J. Hann untersucht worden[1]).

Verf. giebt zunächst eine genaue Berechnung und Diskussion der sechsjährigen Registrierungen der Windstärke auf dem Sonnblickgipfel (3100 *m*) mit bezug namentlich auf die jährliche Periode der täglichen Variation der Windstärke. Das Minimum der Windstärke tritt auf dem Sonnblick schon früh am Vormittage, und zwar im Jahresmittel zwischen 8^h und 9^h, das Maximum um 8^h abends ein. Die achtjährigen Registrierungen auf dem Säntis (2500 *m*) ergeben gleichfalls einen relativ frühen Eintritt des Minimums zwischen 10^h und 11^h vormittags. Man hätte nach den herrschenden Annahmen über die Ursache der täglichen Periode der Windstärke auf den Berggipfeln voraussetzen mögen, dass das Minimum erst am Nachmittage, und zwar verspätet mit zunehmender Höhe eintritt. Es wurden dann die Registrierungen anderer Gipfelstationen darauf untersucht, und zwar jene auf den Blue Hills bei Boston (203 *m*), Eiffelturme (338 *m*), Ben Nevis (1443 *m*), Obir (2140 *m*) und Pikes Peak (4310 *m*). Für alle diese Stationen wird der tägliche Gang nach Mitteln für die Jahreszeiten berechnet, und werden sowohl die rohen Mittel (als absolute Windgeschwindigkeit und in Form von Abweichungen der Stundenmittel vom Tagesmittel), als auch der nach harmonischen Reihen berechnete tägliche Gang mitgeteilt. Im Sommer ist die Übereinstimmung des täglichen Ganges der Windstärke von 200 *m* bis hinauf zu 4300 *m* eine sehr grosse. Der mittlere Gang der Abweichungen vom Mittel (*cm* pro Sekunde) für das Höhenintervall von 1400 bis 4300 *m* ist im Sommer folgender

Stunde	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Vormittag	68	73	**75**	72	62	46	24	—2	—29	—52	—72	—85
Nachm.	—89*	—85	—73	—58	—39	—21	—3	13	27	38	50	59

[1]) Wiener Akad. Anzeiger 1894. p. 157.

Das Minimum der Windstärke fällt genau auf Mittag. Nimmt man noch die Schicht in 300 *m* dazu, so fällt das Minimum schon auf den Vormittag.

Verf. untersucht eingehend, wie sich diese Thatsachen zu den bisher angenommenen Ursachen des täglichen Ganges stellen, und findet, dass sie mit keiner derselben sich in Übereinstimmung bringen lassen. Es handelt sich nun in erster Linie um die Frage, ob man diesen täglichen Gang auf eine Einwirkung der Berge selbst auf die sie umgebenden Luftschichten zurückführen soll, oder ob auch in der freien Atmosphäre derselbe tägliche Gang der Stärke der Luftbewegung anzutreffen sein dürfte. Nur konsequent tagsüber fortgesetzte, wenngleich bloss relative Messungen der Geschwindigkeit des Wolkenzuges können die Entscheidung darüber bringen.

Als eine immerhin mögliche, wenngleich sicher vielen Schwierigkeiten begegnende Annahme zur Erklärung der täglichen Periode der Windstärke auf den Berggipfeln stellt Verf. als Anregung zu weiterer Erwägung die folgende hin: Die tagsüber sich viel stärker als die freie Atmosphäre erwärmende Oberfläche der Berge wirkt auf die auf ihren Gipfeln aufgestellten Anemometer in ähnlicher Weise ein, wie die erwärmte Erdoberfläche auf das Anemometer auf dem Eiffelturme. Man müsste aber annehmen, dass die Hauptwirkung von den nur wenige Hundert Meter unterhalb des Gipfels liegenden Berghängen ausgehe, und dass die dann später vom Thale herauf kommenden, eigentlichen Bergwinde, welche bald stärkere Bewölkung und selbst Wolkenkappen bringen, diese Wirkung unterbrechen. Also der grosse, aufsteigende Luftstrom hätte damit nichts zu thun, denn sonst müsste das Minimum der Windstärke auf den hohen Berggipfeln auf den Nachmittag fallen.

Dass für die unteren Luftschichten die von Espy und Köppen aufgestellte Erklärung des täglichen Ganges der Windstärke sehr zutreffend ist, dafür werden weitere Beläge beigebracht. Der am Morgen sich erwärmende Erdboden giebt Veranlassung zu aufsteigenden und niedersinkenden vertikalen Luftbewegungen und zu einer Mischung der oberen und unteren Luftschichten. Da die oberen Schichten stärker bewegt sind, als die unteren durch Reibung festgehaltenen, so muss dieser Vorgang für die Erdoberfläche eine Verstärkung des Windes, für die höheren Schichten eine Abschwächung desselben mit sich bringen. Trifft die erste Voraussetzung zu, so muss sich diese Wirkung am Vormittage von unten nach oben fortpflanzen. In der That weisen die Registrierungen der Windgeschwindigkeit in verschiedenen Höhen über dem Boden auf ein solches zeitliches Fortschreiten des Maximums der Beeinflussung von unten nach oben hin. Das Minimum der Windstärke tritt im Sommer in der Höhe von 21 *m* über dem Boden um 3^h a. ein, in 58 *m* Höhe um 5^h a., in 142 *m* Höhe um 8^h a. und in 305 *m* Höhe über dem Erdboden um 10^h a..

Um 10^h vormittags hat das Spiel aufsteigender und niedersinkender Luftbewegungen das Niveau von 300 *m* überschritten, so dass von nun ab auch von oben herab stärker bewegte Schichten in diesem Niveau ins Spiel treten, und die Abnahme der Windstärke deshalb aufhört. Der tägliche Gang des Dampfdruckes auf dem Eiffelturme steht mit dieser Anschauung in bester Übereinstimmung. Bis 9^h steigt der Dampfdruck, dann nimmt er wieder ab, und zwar in 300 *m* Höhe viel rascher als unten. Der Verf. glaubt, annehmen zu dürfen, dass dieser vertikale Luftaustausch an heiteren Tagen sich bis zu 1000 *m* hinauf erstrecken mag, aber sicherlich nicht bis zu viel grösseren Höhen (wie man zur Erklärung des Ganges der Windstärke auf den hohen Berggipfeln angenommen hat). Die Temperaturbeobachtungen bei den nächtlichen wissenschaftlichen Ballonfahrten des Münchener Vereins für Luftschiffahrt haben nach einem heiteren, warmen Julitage bis über 900 *m* hinauf in der That eine adiabatische Temperaturabnahme nachgewiesen. Im Winter fällt das Minimum der Windstärke auf dem Eiffelturme der Zeit nach (2^h p.) zusammen mit dem Maximum unten, was wohl dahin gedeutet werden darf, dass dann der vertikale Luftaustausch sich bloss bis zu 300 *m* hinauf erstreckt.

Der Lawrence-Tornado vom 26. Juli 1890 ist von H. Helm Clayton untersucht worden[1]). Die ersten Anzeichen eines Sturmes wurden 63 englische Meilen südwestlich von Lawrence, zu Fiskdale (Mass.) um 7^h 50^m morgens beobachtet, von da nahm er seinen Weg über North Billerica 12 Meilen südwestlich von Lawrence, wo er um 9^h anlangte und 3 Minuten andauerte. Weiterhin wurde der Wind orkanartig, und der Regen fiel in Strömen. Den Ort Lawrence erreichte der Tornado zwischen 9^h 10^m und 9^h 15^m mit einer Fortbewegungsgeschwindigkeit des Zentrums von etwa einer englischen Meile in der Minute. Die Verwüstungen längs der Bahn des Tornado zeigen nach Helm Clayton, dass die zerstörenden Windstösse sprungweise aus der Höhe auf die Erdoberfläche herab kamen und nach kurzer Bahn wieder aufstiegen. Dieses alternierende Herab- und Hinaufsteigen war besonders in Lawrence erkennbar. Helm Clayton sucht den Ursprung dieses Tornado in den oberen Luftschichten, von wo derselbe in Intervallen bis zur Erdoberfläche herabstieg. Die Zerstörungen welche der Wirbel in den Städtchen Lawrence anrichtete, waren sehr bedeutend. Tafel IV giebt nach photographischen Aufnahmen eine Darstellung der Verwüstungen in einer Strasse des Ortes.

Der Tornado bei Novska am 31. Mai 1892 ist von Prof. Mohorovicic in Agram untersucht worden. Über die Ergebnisse berichtet Dr. M. von Rohr[2]).

---

[1]) Annales of the Astr. Obs. of Harvard College **31.** Part I.
[2]) Das Wetter 1894. p. 80 u. ff.

»Am genannten Tage langte nachmittags 4^h 16^m der Nachmittagszug an, um nach Neu-Gradiska weiter zu fahren. Der Himmel war mit dunklen Wolken bedeckt; ein schweres Gewitter war aus Westen her im Anzuge. Eben hatte der Zug die Station verlassen, als der Ausbruch erfolgte. Tiefe Dunkelheit trat plötzlich ein, und nach den ersten spärlich fallenden Regentropfen prasselten die Schlossen eines Hagelwetters, vom heftigen Sturme getrieben, nieder. Die Stärke des letzteren steigerte sich rasch zu einem solchen Betrage, dass sämtliche Dächer der Stationsgebäude abgedeckt wurden. Die unter dem Bahnpersonale entstandene Verwirrung wurde noch vermehrt durch die Meldung eines Bahnwärters, der soeben abgegangene Zug sei entgleist. Die Zahl der Verletzten war glücklicherweise gering, der Schaden an Material dagegen beträchtlich.

Auf der in Richtung NW—SO durchfahrenen Strecke waren von dem 29 Wagen führenden Zuge, Maschine und Wagen 1—8 unversehrt, 9—19 beschädigt und nach NO aus den Schienen geworfen, 20 und 21 nur beschädigt, 22 blieb unverletzt, 23 und 24 erlitten Schaden, während 25—29 nach SW aus den Schienen gehoben und zum Teile umgeworfen wurden. Den letzten Waggon Nr. 29 fand man sogar 30 *m* vom Bahnkörper entfernt liegen, während das Bremserhäuschen von seiner Vorderseite abgerissen und noch 10 *m* weit geschleudert war. Aus der Untersuchung, die Prof. Mohorovicic selbst angestellt hat, ergab es sich, dass dieser Waggon sogar über die 6.30 *m* hohe Telegraphenleitung geschleudert sein musste. Aus der Verschiedenheit der Richtungen, in denen die Entgleisung stattgefunden hatte, ergab sich ohne weiteres der Schluss auf einen Wirbelsturm von geringem Durchmesser, dessen Zentrum die Bahnlinie an der Stelle des Wagens 22 überschritten haben wird.

Diese Annahme wurde durch die Aussagen der verschiedensten Augenzeugen ausreichend gestützt. Es lässt sich denselben zunächst entnehmen, dass der Gewittersturm aus SW losbrach, also etwa parallel mit dem Verlaufe der Bahnlinie vor Novska fortschritt. Dies findet auch noch durch den Umstand seine Bestätigung, dass ein Waggon vom Bahnhofe Jasenovac durch den Wind getrieben bis Novska lief, trotzdem die Steigung der Strecke $4^0/_{00}$ beträgt. Die Bildung von mehreren Windhosen, die sich aus den Gewitterwolken zur Erde senkten, wurde von Passagieren des Zuges sowohl als von Hirten und Bauern in guter Übereinstimmung gemeldet. Die Zahl dieser Wirbel verminderte sich jedoch bis auf zwei, die auf ungefähr parallelen, nach NO gerichteten Bahnen fortschritten. Die westliche Windhose hob, bevor sie noch den Unfall auf dem Bahnhofe anrichtete, ein am Waldrande hütendes Hirtenmädchen empor und trug es eine Strecke weit fort. In ihrem weiteren Verlaufe wurde sie die Ursache der Entgleisung der oben aufgeführten Wagen. Aus der Lage und anfänglichen Entfernung derselben lässt sich übrigens der Durchmesser der Trombe auf etwa 1200 *m* angeben; später in einem Walde mag man ihn nach der Lage der umgebrochenen Bäume auf 800 *m* festsetzen. In demselben Walde hat der östliche Tornado erst seine volle Kraft entfaltet und eine Menge Bäume umgelegt, wonach man seinen Durchmesser auf etwa 2300 *m* schätzen kann. Jedoch wird derselbe kaum während der ganzen Dauer des Wirbels ganz konstant gewesen sein. Die Entfernung der Zentren beider Windhosen voneinander ist schwankend, sie mag im Mittel 1200—1500 *m* betragen haben. Die Bewegung des Windes war in beiden Wirbeln sicher eine zyklonale, seine Richtung zum Gradienten schloss mit diesem einen spitzen Winkel ein, wie man aus der Lage der umgebrochenen Bäume zur Tornadobahn abnehmen kann. Für die Windgeschwindigkeit ist man auf Schätzung angewiesen: die Grenzwerte derselben sind 46.5 und 158 *m* p. s., je nachdem man annimmt, dass der oben erwähnte Waggon 29 nur eben schwebend erhalten wurde oder eine Anfangsgeschwindigkeit von 20 *m* erhielt. Der wahre Wert, der zwischen beiden Grenzen liegen muss, beträgt nach Annahme des Prof. Mohorovicic 103 *m*, wobei dann horizontale und

vertikale Komponente einander gleich sind und einen Betrag von 73 *m* aufweisen.

Dass die Windgeschwindigkeit eine sehr bedeutende war, lässt sich auch schon aus den Hagelstücken schliessen. Eisstücke von 300 *g* Gewicht wurden beobachtet, und die Geschwindigkeit, mit der sie umherflogen, war eine derartige, dass Fensterscheiben glatt ohne Hinterlassung eines Sprungsystems durchschlagen wurden.

Im Inneren des Wirbels muss der Luftdruck ganz beträchtlich erniedrigt gewesen sein, wie sich aus der Erzählung der Frau des Bahnhofsvorstehers folgern lässt. Dieselbe verliess ihr Zimmer, um mit Hilfe eines Dieners die Flurfenster zu schliessen. In demselben Augenblicke zog der Tornado über das Haus, wobei das Dach abgehoben wurde, ohne dass die beiden Personen es vor dem Brausen des Sturmes hörten. Als sie nun in das Zimmer zurückkehren wollten, vermochten sie nicht, die nach innen aufgehende Thür zu öffnen. Unmittelbar darauf ging die Thür von selbst auf, und die Fenster mit ihren Rahmen flogen ins Zimmer hinein. Leider giebt es weder in Novska, noch in der näheren Umgegend ein Barometer, so dass wir über den Betrag der Druckverminderung im Zyklonenzentrum nichts erfahren.«

Die allgemeinen Windverhältnisse auf dem Atlantischen Ozeane hat William M. Davis an der Hand der allgemeinen Windsystemkarten im »Segelhandbuche für den Atlantischen Ozean« dargestellt und erläutert[1]). »Hat man«, sagt er, »eine Atmosphäre mit einem Überschusse von Wärme am Äquator, so muss sich eine austauschende Zirkulation zwischen dem Äquator und den Polen ergeben. Infolge der Axendrehung des Planeten kann der Austausch nicht in meridionaler Richtung vor sich gehen, sondern muss in schräger Richtung erfolgen, und es muss daher der grösste Teil der Atmosphäre in einen gewaltigen Wirbel geworfen werden, der um den Pol rotiert: der hohe Luftdruck am Pole, der durch die Kälte hier hervorgerufen werden würde, wird durch die Zentrifugalkraft der kreisenden Winde in einen niedrigen Luftdruck umgewandelt. Die Teile an der Bodenoberfläche in einer solchen Zirkulation müssen, so lehrt uns Ferrel, in schrägen Richtungen sich bewegen, wesentlich so, wie sich auch die wirklichen Winde bewegen, und wie wir sie in den Karten niedergelegt finden. Wenn der übrige Teil der Erdoberfläche ebenso bearbeitet sein wird, wie der Atlantische Ozean jetzt ist, so werden wir zweifellos ein noch vollkommeneres Bild von planetarischen Winden auf der ganzen Erde erhalten; nach allem, was wir bis jetzt in unvollständiger Weise von ihnen wissen, sind wir zu dieser Annahme berechtigt.

Die Massen der Planeten sind verschieden, und auf Planeten mit geringerer Masse müssen Bewegungen, die durch die Schwerkraft hervorgerufen werden, schwächer sein; die Planeten haben verschiedene Umdrehungszeiten, und auf denen, welche nur langsame Axendrehung haben, wird die Abweichung der Richtung von den Meridianen auch geringer sein. Auch die Mengen von Sonnenenergie,

---

[1]) American Meteorological Journal 1893. **9.** p. 476. Deutsche Übersetzung in Ann. d. Hydrographie 1894. p. 11 u. ff.

welche verschiedene Planeten erhalten, sind verschieden, und auf denjenigen, deren Sonne schwächer oder weit entfernt ist, muss auch der Unterschied zwischen den Temperaturen am Pole und am Äquator, worauf die ganze Zirkulation ihrer Atmosphäre beruht, nur gering sein, und kann daher diese auch nur schwach sein. Obgleich wir keine genauen Kenntnisse über die Windverhältnisse auf den anderen Planeten haben, so können wir doch die Winde auf unserer Erde besser verstehen, wenn wir ihre Ähnlichkeit mit anderen etwaigen Windsystemen in dieser Weise vergleichen.

Ferner giebt es noch einen anderen Unterschied zwischen den Planeten, und dieser besteht in der verschiedenen Neigung der Axe oder in der verschiedenen Schräge der Ekliptik. Die bestimmte Grösse dieser Abweichung bei unserer Erde, verbunden mit der bestimmten Grösse der anderen mitwirkenden Faktoren, giebt eine bestimmte Form unseres Exempels von planetarischen Winden, und diesen haben wir den Namen terrestrische Winde — oder Winde, die unserer Erde angehören — gegeben.

Die terrestrischen Züge der Winde auf dem Atlantischen Ozeane erkennen wir in der jährlichen Wanderung der Windgürtel nach Nord und Süd und in der jahreszeitlichen Änderung von Richtung und Stärke der Winde auf beiden Hemisphären.

Die Wanderung der äquatorialen Mallungen ist eine natürliche Folge der verschiedenen Sonnenstände, Nord und Süd vom Äquator. Die Wanderung des Resultats ist viel geringer als die Wanderung der Ursache, sie folgt der Wanderung der Ursache in Zeit und Ort. Es ist aber nicht auf den ersten Blick zu verstehen, warum der Gürtel der schwachen Winde in den Rossbreiten ebenfalls wandern muss. Dieser Gürtel ist keine direkte Folge des Wärmeeinflusses, sondern beruht auf der Wechselwirkung zwischen der hohen Temperatur und der Ausdehnung der Luft unter dem Äquator und der Zentrifugalkratf des grossen Wirbels um den Pol. Auf der Halbkugel, die Winter hat, wo der polwärts gerichtete Temperaturgradient stark ist, weil dann der Temperaturunterschied zwischen Äquator und Pol gross ist, wehen die Winde stärker — wie wir es so deutlich auf dem Nordatlantischen Ozeane sehen, wodurch die Zentrifugalkraft der um den Pol wirbelnden Luft vergrössert wird. Um dieselbe Zeit setzt der etwas weiter vom betreffenden Pole fortgewanderte Wärmeäquator der Anhäufung der Luft an den Grenzen des Passats weniger Widerstand entgegen. Das Zusammenwirken dieser beiden Umstände bringt es zuwege, dass in derjenigen Halbkugel, wo der Sonnenschein nur schwach ist, der Wind schneller weht, und die Tropengrenze des hohen Luftdrucks dem Äquator zuwandert, während in der Sommerhemisphäre, wo die Winde etwas nachlassen, und die Hitze des Äquators polwärts wandert, der Gürtel an den Grenzen des Passates polwärts wandert. Das ganze Windsystem pulsiert mit den Jahreszeiten. Dieser Punkt wird im allgemeinen so wenig verstanden, dass er wohl einer ausführlichen Besprechung wert ist.

Eine der interessantesten Folgen des Wanderns der terrestrischen Windgürtel sieht man in der Wirkung desselben auf die trockenen und regenreichen Jahreszeiten in verschiedenen Regionen. Die äquatorialen Mallungen haben fast täglich Regen. Wo sie breiter sind als der Spielraum, in dem sie wandern, giebt es einen schmalen Streifen, der stets von ihren Stillen und täglichen Ausgleichsströmungen beherrscht wird, wo es also das ganze Jahr hindurch Regen giebt. Wo ihre Breite geringer ist als ihre Schwankungsweite, dort giebt es zwei Regen- und zwei verhältnismässig trockene Zeiten, wie auf den Inseln im Golfe von Guinea und an der Gabunküste in Afrika. Auf allen diesen echt äquatorialen Stationen ist es zur Zeit der Tag- und Nachtgleiche Regenzeit und bei den Sonnenwenden relativ trocken, aber nicht absolut.

In den Passatgürteln ist es verhältnismässig trocken; diese Winde wehen beständig mit wenig stürmischen Unterbrechungen. Auf den Kontinenten verursachen sie Wüsten; daher die Sahara, wo das nördliche Afrika sich zu einem so ausgedehnten Gebiete in den Passatbreiten erweitert. Zum Glücke für Nordamerika werden die entsprechenden Breiten der Neuen Welt nur von einer schmalen Landmasse eingenommen. Auf ihrer Wanderung nach Nord und Süd gelangen die äquatorialen Regen in Regionen, die den Rest des Jahres von trockenen Passatwinden bestrichen werden. Hier zerfällt das Jahr in eine Regenzeit und eine trockene Zeit. Die schweren Regen im Sudan, wenn die Sonne im Norden ist, und am oberen Kongo, wenn die Sonne im Süden ist, wechseln mit einer trockenen Periode im Reste des Jahres ab; die Regen in unserem Sommer auf den Llanos von Venezuela und im südlichen Sommer im Inneren der Campos von Brasilien werden durch trockene Zeiten kompensiert, in denen diese Ebenen Dürren haben. Den Gürtel, in dessen Grenzen sich die Doldrums bewegen, kann man einen subäquatorialen Gürtel nennen, und die Grenzregen in diesem Gürtel kann man die subäquatorialen Regen nennen.

Die Rossbreiten sind relativ trocken; sie besitzen eine reine klare Luft mit geringem Regenfalle, im Gegensatze zu den feuchten, regenreichen Gebieten in den Doldrums. Ein anderer Unterschied liegt noch zwischen den beständigen Passatwinden und den veränderlichen westlichen Winden, welche durch häufige cyklonale Stürme, welche die meisten Regen in der gemässigten Zone hervorrufen, hauptsächlich auf der südlichen Halbkugel, wo der Ozean eine so grosse Ausdehnung hat, gestört werden. Die Stürme nehmen im Winter an Heftigkeit zu, und nun haben die Luvküsten bei westlichen Winden ihre grösste Regenhäufigkeit. An den inneren kontinentalen Stationen ist die Regenmenge im Sommer grösser als im Winter, ist aber dann wahrscheinlich die Folge von mehr örtlichen, durch Wärmeunterschiede bedingten Stürmen als von grösseren cyklonalen Stürmen: dieses ist ein charakteristischer Zug der nördlichen Halbkugel.

Der Gürtel, innerhalb dessen die leichten Winde und die trockene Luft der Rossbreiten ihre jahreszeitliche Wanderung ausführen, hat trockene Sommer und feuchte Winter; man nennt ihn den subtropischen Gürtel.

Spanien, Algier und die Mittelmeerländer liegen im allgemeinen innerhalb oder im Süden der Rossbreiten im Sommer; dann herrscht hier Windstille, oder es streichen die austrocknenden Passatwinde über diese Gebiete hin, so dass sie, praktisch genommen, regenlos sind. Im Winter aber liegen diese Gebiete nördlich von den Rossbreiten; dann werden sie durchzogen von cyklonalen Stürmen aus westlicher Richtung, welche ihnen ihren mässigen Regenfall bringen. So kommt es, dass die Nordgrenze der Sahara im Winter und deren Südgrenze im Sommer leichte Regenfälle haben, der dazwischen liegende Gürtel, welcher keine regelmässigen Regen zu irgend welcher Jahreszeit hat, ist viel schmaler, als im allgemeinen angenommen wird. Auf gewissen Meridianen erreicht die Nordgrenze der Winterregen beinahe die Südgrenze der Sommerregen.

Der subtropische Gürtel im südlichen Afrika ist nur sehr schmal; er beschränkt sich auf ein Gebiet um Cape Town herum, weil Afrika sich nur eine geringe Strecke in den südlichen Gürtel der westlichen Winde hinein erstreckt. In Amerika ist das subtropische Gepräge der Jahreszeiten an der Küste des Stillen Ozeans viel deutlicher als an der atlantischen Küste, und diese Gebiete können daher hier übergangen werden. Die Regenverhältnisse sind so eng mit den Windverhältnissen verknüpft, dass man sie stets als Illustration für die letzteren darstellen sollte und nicht allein als ein Resultat der jahreszeitlichen Änderungen, das man in der statistischen Klimatologie zu lernen habe.

Die Gegenwart von Kontinenten, die aus den Ozeanen emporstreben, ruft die Entstehung von kontinentalen Winden hervor und ist die direkte Ursache mancher Änderungen in den terrestrischen Winden. Dieses findet man natürlich vorzugsweise auf Nordbreite ausgeprägt, wo die Kontinente ihre grösste Breitenausdehnung haben. Dieser grossen Ausdehnung der Landmassen und dem grossen jahreszeitlichen Unterschiede in der Temperatur verdanken wir den grösseren Unterschied in der Stärke der westlichen Winde zwischen Winter und Sommer auf der nördlichen im Vergleiche zur südlichen Halbkugel. Aber auch bei den letzteren finden wir eine jahreszeitliche Schwankung, wie uns die Doppelpfeile querab von Kap Horn im Juli und August andeuten.

Würden die Unterschiede zwischen Land und Wasser allein die Winde beeinflussen, so würden wir einströmende Winde nach dem Lande im Sommer haben und ausströmende im Winter; aber diese Abwechselung kann in solcher Reinheit nicht zum Ausdrucke kommen, weil die grosse Bewegung um den Pol herum schon vorhanden ist. Das bedeutendere und das schwächere System müssen sich daher einander anbequemen, und keines erhält für sich allein

das Regiment. Hierin ist die Erklärung gegeben für die verschiedenartigen Winde an den beiden Seiten des Atlantischen Ozeans im Winter und im Sommer. Bedenkt man, dass das östliche Nordamerika zu Luv und das westliche Europa nach Lee in der grossen westlichen cirkumpolaren Strömung liegt, so folgt daraus, dass die grösste direkte Sommereinströmung in Europa zu suchen ist und die grösste direkte Winterausströmung in Nordamerika. Die winterliche Neigung der Winde zum Ausströmen bringt in Europa nur schräge Küstenwinde aus SW hervor, und die Neigung der Winde zum Einströmen im Sommer ruft in Nordamerika ebenfalls nur südwestliche Winde längs der Küste hervor, mit Ausnahme des Golfs, wo sie meist direkt gegen das Land fliessen.

Der Gegensatz zwischen den grossen jahreszeitlichen Temperaturschwankungen im östlichen Nordamerika und den geringen im westlichen Europa bildet eine Folge des eben Gesagten. Weil wir in Neu-England in Lee eines grossen Kontinentes liegen, haben wir kalte Winde im Winter und warme Winde im Sommer; weil zudem unsere Winterwinde von NW kommen, sind sie ausserordentlich kalt, und weil unsere Sommerwinde von Südwest kommen, so sind sie unerträglich warm. Umgekehrt, weil das westliche Europa in Lee von einem Ozeane liegt, hat es milde Winde im Winter und mässig warme Winde im Sommer; weil zudem die Winterwinde von SW kommen, so sind sie ganz besonders milde, und weil die Sommerwinde von NW kommen, so sind sie verhältnismässig kühl.

Eine weitere Folge sehen wir in der Erzeugung des anticyklonalen Wirbels auf dem Nordatlantischen Ozeane. Die Hitze des Sommers dehnt die Luft über den Kontinenten aus und schiebt sie nach den kühleren Ozeanen ab, wodurch die Gleichförmigkeit des Gürtels mit hohem Luftdrucke an den Grenzen der Tropenzone, der das charakteristische Zeichen der terrestrischen Winde ist, unterbrochen wird, und lokale Gebiete hohen Luftdrucks auf dem Ozeane neu hervorgerufen werden. Von dem Kerne eines solchen Hochdruckgebiets fliesst der Wind langsam nach aussen mit einer Abweichung, wie sie der Hemisphäre zukommt. Der Nordatlantische Ozean liefert hierfür das beste Beispiel, weil er am vollständigsten von Ländermassen eingeschlossen ist.

Einen indirekten Einfluss der Kontinente — d. h. eine Wirkung, die nicht direkt auf den Temperaturwechsel über den Landmassen zurückzuführen ist — sieht man in der genannten cyklonalen Luftbewegung zwischen Norwegen und Grönland. Dieser Wirbel wird durch die abnorme hohe Temperatur dieses Teiles des Ozeans hervorgerufen, wo so grosse Massen warmen Wassers in hohe Breiten zusammengelaufen sind. Dieses Zusammendrängen beruht aber wieder auf der Form der umgrenzenden Kontinente. Die ganze Form des Atlantischen Ozeans scheint danach angethan zu sein, diese eigentümliche Erscheinung hervorzurufen. Der Südatlantische Ozean erhält nicht so viel antarktisches Wasser, als nach dem südlichen

Stillen Ozeane hineinfliesst, weil das südliche Afrika nicht so weit nach Süden sich erstreckt als Südamerika; hierdurch kommt es, dass der Äquatorialstrom im Golfe von Guinea viel wärmer ist als der Küstenstrom bei Peru. Die SO—NW-Richtung des tropischen Teiles des Atlantischen Ozeans bedingt es, dass ein grosser Teil warmen Äquatorialstromes im Atlantischen Ozeane von der südlichen Halbkugel nach der nördlichen hinüberfliesst. Das grosse Wasservolum, welches in dieser Weise an der Küste von Guinea vorbeifliesst, nimmt durch die Verzögerung, welche die westindischen Inseln hervorrufen, wenn es an beiden Seiten von ihnen längs läuft, noch grössere Wärme an. Der Golfstrom, dem wir im allgemeinen so viel Aufmerksamkeit schenken, macht nur einen Teil dieser warmen Strömung aus, und wenn man nur den Strom mit diesem Namen belegt, der durch die Floridastrasse läuft, wie man eigentlich thun sollte, so muss man die Strömung von Kap Hatteras oder etwas nördlich davon die nordatlantische Trift nennen. Die Frage der Benennung ist indessen nebensächlich; die Thatsachen sind zum Glücke klar genug. Die gewaltige Masse warmen Wassers, welche an der Westseite des Atlantischen Ozeans polwärts läuft, teilt sich, wenn sie auf ungefähr 40° nördl. Br. ostwärts fliesst: ein Arm fliesst, gegenüber von Spanien und Afrika, nach Süden, um den natürlichen Kreislauf zu vervollständigen; der andere Arm läuft nach NO längs dem westlichen Europa und in den sich verengenden Ozean der Polarregion: das einzige ausgesprochene und fortdauernde Beispiel einer solchen Strömung, das in der ganzen Welt vorhanden ist. An jener Seite von Island ist das Meerwasser ausserordentlich warm. In dieser Gegend finden wir die grösste Abnormität in bezug auf Wärme auf unserer ganzen Erde, und namentlich ist dieses im Winter der Fall, wenn die Sonne weit im Süden steht, und die Lufttemperatur hauptsächlich dem Einflusse von Land und Wasser unterliegt. Hier, auf beiden Seiten von Island, sind die Barometerstände abnorm niedrig, infolge der abnorm hohen Temperaturen, und um diese Gebiete niedrigen Luftdrucks wehen die Winde in cyklonaler Form mit grosser Reinheit. Die Ausdehnung dieser Wirbel darf nun aber nicht auf der beigegebenen Karte gemessen werden, welche in der bequemen, aber verzerrenden Merkatorprojektion entworfen ist, sondern auf einem Globusse in ihren entsprechenden Dimensionen, wodurch man gewahr wird, dass sie verhältnismässig nur eine geringe Ausdehnung haben gegen die grossen Kreise der terrestrischen Winde.

Die rücklaufenden Ströme der Ozeanströme spiegeln sich in unvollkommener Weise in der Luft in den verschiedenen Teilen des Ozeans ab. Dieses beruht zum Teile auf den thermischen und barischen Verhältnissen, die wir schon erwähnt haben, aber zum Teil hängt es von der mechanischen Hemmung ab, welche die freie Bewegung der Luft durch Bergzüge und Hochebenen erleidet, ebenso wie die rücklaufenden Ströme der Ozeane durch die Kontinente

erzwungen werden. Die reinen kontinentalen Winde würden zum Ausdrucke kommen, wenn die Ländermassen Ebenen wären. Die Gegenwart von Höhenzügen und Hochebenen übt sogar auch dann, wenn sie nicht in die oberen Luftschichten hineinreichen, einen bedeutenden Einfluss auf die unteren Winde aus, und wenn sich dieser Einfluss mit anderen vereinigt, die nach derselben Richtung wirken, so wird das Auftreten einer kreisenden Luftströmung um die ozeanischen Becken sehr deutlich. Wie wir schon gesagt haben, ist dieses im Juli und August über dem Nordatlantischen Ozeane der Fall, weniger deutlich über dem Südatlantischen Ozeane im Januar und Februar.

Eine der interessantesten Folgen des Landeinflusses auf die terrestrischen Luftströme — interessant hauptsächlich in theoretischer Hinsicht — ist das unvollkommene Auftreten des niedrigen Luftdrucks um den Nordpol herum im Gegensatze zu dem ausserordentlich niedrigen Luftdrucke, welcher fortwährend die Südpolarregion kennzeichnet. Für den niedrigen Luftdruck am Südpole haben wir schon die grosse Zentrifugalkraft des mächtigen antarktischen Wirbels, so klar ausgeprägt in dem ununterbrochenen Weststrome im südlichen Indischen Ozeane, herangezogen. Der Nordpolarwirbel erleidet durch die Kontinente eine so bedeutende Beeinträchtigung gegen das reine Auftreten auf den Meeresflächen, dass er kaum genügt, um am Pole einen niedrigeren Luftdruck hervorzurufen als in den umgebenden hohen Breiten im allgemeinen Durchschnitte: — er ist durchaus ungenügend, um einen noch niedrigeren Luftdruck am Pole als in den Gebieten des ständigen niedrigen Luftdrucks über dem Nordatlantischen oder dem nördlichen Stillen Ozeane im Winter hervorzurufen. Würden die kontinentalen Höhenzüge noch einhalbmal so hoch sein, als sie sind, so würden wir wahrscheinlich den Luftdruck am Nordpole erheblich höher als auf 60° nördl. Br. haben.«

Die Winde des Indischen Ozeans sind ebenfalls von Prof. William M. Davis besprochen worden[1]). »Auf die Monsune des Indischen Ozeans,« sagt er, »wird gewöhnlich Bezug genommen, wenn man von dem störenden Einflusse eines Kontinents auf die im übrigen symmetrische Anordnung der Passate spricht; sie scheinen uns jedoch auch eine eigentümliche Ablenkung der Passatwinde vorzuführen, welche von der Wirkung des Kontinentes unabhängig ist. Diese Störung besteht in dem Auftreten eines schmalen Gürtels von Monsunwinden südlich vom Äquator, welchen der Name von terrestrischen Monsunen beigelegt werden kann, zum Unterschiede von den kontinentalen Monsunen nördlich vom Äquator.

Wenn die Axe des äquatorialen Gürtels niedrigen Drucks beständig auf dem geographischen Äquator bliebe, so würden die Passate symmetrisch von beiden Seiten sich ihm nähern und in den

[1]) a. a. O. 1893. **10.** p. 333. Ann. d. Hydrographie 1894. p. 65 u. ff.

zwischenliegenden Mallungen abflauen. Aber wenn die Mallungen am Ende des nördlichen Sommers sich nordwärts vom Äquator entfernen, so wird der Nordostpassat gekürzt, und der Südostpassat wird veranlasst, aus seiner Hemisphäre herauszutreten. Er fliesst auch weiterhin auf nordwärts gerichteten Gradienten, aber er tritt von Breiten, in welchen eine australe Ablenkung ihn nach links dreht, nach Breiten über, in welchen eine boreale Ablenkung ihn nach rechts dreht; infolge dessen schwingt der Südostpassat der südlichen Halbkugel auf unserer Seite vom Äquator herum und wird zum Südwestwinde. Es ist ein Jahreszeitenwind oder Monsun, denn in der entgegengesetzten Jahreszeit ist seine Stelle vom normalen Nordostpassate eingenommen. Ebenso muss durch die Ausdehnung des Nordostpassates ein Nordwestmonsun gebildet werden, wenn die Mallungen den Äquator im südlichen Spätsommer südwärts überschreiten.

Soweit sind diese Monsune nicht an die Gegenwart von Festländern gebunden; sie sind einfach spezielle Fälle von planetarischen Winden auf einer Erde, deren Axe deutlich gegen die Ebene ihrer Bahn geneigt ist, und deren Jahr lang genug ist, um eine erhebliche Wanderung ihres Wärmeäquators zu bedingen. Festländer können sogar die normalen terrestrischen Monsune zerstören; das ist der Fall im Südatlantischen Ozeane, wo die unsymmetrischen Umrisse von Afrika und Südamerika eine solche Verteilung der Meeresströmungen bedingen, dass sie die Mallungen verhindern, den Äquator südwärts zu überschreiten. Daher giebt es keine terrestrischen Monsune im Südatlantischen Ozeane. Wo aber spezielle störende Einflüsse fehlen, darf man terrestrische Monsune erwarten. Anderseits wird dort, wo die Lage der Festländer zum Äquator geeignet ist, die Wanderung des Gürtels hoher Temperatur und niedrigen Druckes über viele Breitengrade zu veranlassen, der jahreszeitliche Wechsel der Monsune besonders gross. Die Nord- und Südwanderung des Wärmeäquators im Gefolge der Sonne ist gross über Afrika, und dort dürfen wir wohl ausgeprägte Beispiele von kontinentalen Monsunen auf beiden Seiten des Äquators erwarten, aber im Inneren des dunklen Kontinentes sind die Winde wenig erforscht. Die Wanderung nach Norden ist stark über Indien in unserem Sommer, jene nach Süden ist deutlich über Australien im Sommer der südlichen Halbkugel; in diesen beiden Regionen müssen Monsune unsymmetrisch in nördlichen und südlichen Breiten entwickelt sein. Die Wanderung ist mässig nach Süden auf dem offenen Indischen Ozeane zwischen Afrika und Australien; hier darf man eine mässige Entwickelung von rein terrestrischen Monsunen erwarten, und diese machen, im Vereine mit den kontinentalen Monsunen der umgebenden Festländer, den Indischen Ozean zu einem ganz besonders interessanten Gegenstande des Studiums.

Neuere Schriftsteller erwähnen selten die australe Ablenkung, welcher der Nordostpassat unterliegt, wenn er den Äquator

überschreitet und die südliche Halbkugel als Nordwestwind betritt. Wir wollen deshalb nunmehr die beste neue Karte dieses Ozeans betrachten und zusehen, wie sich die Thatsachen auf ihr darstellen.

Die Sachlage ist, ohne Rücksicht auf Klassifikation oder Theorie, aber verallgemeinert auf Grundlage der möglichst vollständigen Sammlung von Beobachtungen, am besten dargestellt auf zwei Karten in dem Atlas des Indischen Ozeans, den die Deutsche Seewarte in Hamburg herausgegeben hat.

Die erste Karte gilt für Januar und Februar, den Spätsommer der südlichen Halbkugel, wo der Wärmeäquator und der Gürtel niedrigen Luftdruckes in der Mitte des Indischen Ozeans bis gegen 10° südl. Br. vorgedrungen sind. Auf dieser Karte ist der Gürtel hohen Druckes an der Südgrenze der Passatzone unterbrochen über den warmen Festländern Afrika und Australien, und ein gestrecktes, aber deutlich anticyklonisches System von ausströmenden Winden ist sichtbar um das ovale Feld hohen Druckes, welches halbwegs zwischen Afrika und Australien liegt. Alle diese Züge der Temperatur und des Luftdruckes sowie der Winde haben eine schöne Darstellung durch besondere Karten in dem oben erwähnten Atlas gefunden. Südlich von der Anticyklone sehen wir die starken Westnordwestwinde, welche einen Teil des gewaltigen Wirbels um den Südpol bilden; nördlich von der Anticyklone weht der Passat normaler Weise aus SO, aber örtlich abgelenkt zu einer südlicheren Richtung bei Australien und einer östlicheren Richtung bei Afrika.

Nördlich vom Äquator weht der Nordostpassat sehr unregelmässig über dem Wasser; seine Stärke ist am grössten über dem westlichen Stillen Ozeane und am kleinsten über der Halbinsel von Vorderindien, wo, wie Blanford gezeigt hat, die Windmühle keine Anwendung gefunden hat zum Pumpen des Wassers in der trockenen Jahreszeit, obwohl die Eingeborenen genügenden Scharfsinn gehabt haben zur Erfindung anderer mechanischer Hilfsmittel für die Bewässerung. Die Schwäche des Windes dort ist erstens der Schwäche der Gradienten, welche ihn erzeugen, zuzuschreiben, zweitens den Hindernissen, welche die Unebenheiten der Landoberfläche darbieten, und endlich der Abwesenheit örtlicher Wärmeströmungen in der kälteren Jahreszeit, durch welche eine Beschleunigung der Luftströmung am Boden infolge der Mischung mit der darüberliegenden Strömung erzielt werden würde. Die Richtung des Nordostmonsuns ist in bezeichnender Weise abgelenkt über gewissen Teilen der Halbinsel und auf den grossen Golfen beiderseits — der Bai von Bengalen und dem Arabischen Meere —, so dass Blanford rät, den Ausdruck »Wintermonsun« zu gebrauchen. In Bengalen kommt er von NW; westlich von Bombay kommt er von Norden. Alles das ist indessen von mehr nebensächlicher Bedeutung.

Da der barometrische Äquator nun 10° südlich vom geographischen Äquator liegt, so findet der Nordostpassat bei dem letzteren noch nicht sein Ende, sondern tritt in die Südhemisphäre über; dort

schwingt er schnell herum und wird zum Nordwestwinde. Bei der Annäherung an Java weht dieser Wind fast direkt nach Osten, als Teil der australen cyklonischen Einströmung oder des kontinentalen Monsuns über Australien; während in der Nähe von Afrika dieser Wind aus Norden weht und sogar seine nordöstliche Richtung beibehält, auf seinem Wege zum heissen Inneren dieses Kontinentes.

Der Nordwestwind auf der Mitte des Indischen Ozeans südlich vom Äquator ist offenbar ein rein »terrestrisches« Erzeugnis; es ist das beste bis jetzt kartierte Beispiel dieser Art. Im Atlantischen Ozeane verhindert die Form der Festländer und die dadurch bedingte Bahn der Meeresströmungen in Verbindung mit der Schmalheit dieses Ozeans am Äquator die Entwickelung eines deutlichen Monsuns in der Mitte des Ozeans; wenn auch in der Nähe der afrikanischen Küste, nördlich vom Äquator, ein Bastardmonsun halb terrestrischen, halb kontinentalen Ursprunges im nördlichen Sommer sich entwickelt. Im Stillen Ozeane ist Raum genug, in der That zu viel für ein erfolgreiches Studium dieser Verhältnisse; die Ausdehnung des Wassers ist dort so gross, und die Beobachtungen sind so spärlich, dass unsere Kenntnis von diesem Ozeane noch nicht genügt zur Entwerfung von Karten wie die, welche jetzt die meteorologischen Züge des Atlantischen und Indischen Ozeans so gut darstellen; doch darüber weiter unten mehr, im Zusammenhange mit einigen Bemerkungen über die Meeresströmungen.

Wenden wir uns nun zur zweiten Karte, welche die mittleren Winde für Juli und August darstellt, so fällt uns zuerst eine allgemeine Zunahme der Geschwindigkeiten über dem Indischen Ozeane und eine Abnahme über dem Stillen Ozeane in die Augen. Die Zunahme über dem Indischen Ozeane ist in der südlichen Halbkugel eine Folge der verstärkten cirkumpolaren Gradienten und in der nördlichen eine Folge der ausserordentlich hohen Temperaturen in Nordwestindien. Untersucht man die Richtungen der Winde, so findet man im südlichen Teile des Ozeans wenig Änderung. Die Trennung zwischen den westlichen Winden und dem Südostpassate ist etwas mehr linear als im Januar, weil der Gürtel hohen Druckes jetzt weniger unterbrochen ist auf den Landflächen, als er es im südlichen Sommer war; aber noch immer findet sich eine deutlich ausgeprägte Nordwärtsablenkung der westlichen Winde in den Passat an der Westküste von Australien. Die Lage dieses Gürtels hohen Druckes ist jetzt 5° nördlicher als vor sechs Monaten, eine Folge der vergrösserten Geschwindigkeit des zirkumpolaren Wirbels, wie dieses in einem früheren Aufsatze auseinandergesetzt ist. Eine anticyklonische Ausströmung von Luft zeigt sich jetzt über Australien und in geringerem Grade auch über Afrika, weil diese Länder jetzt kühler als die umgebenden Meere sind.

Die Ausdehnung des Südostpassats über den Äquator hinaus als Südwest- oder Sommermonsun ist der auffallendste Zug dieser Karte. Die gehorsame Art, in welcher dieser grosse Luftstrom von

der südlichen zur nördlichen Ablenkung übergeht beim Übertritte von der einen Halbkugel auf die andere, ist wirklich bewundernswert. Wie angesichts solcher Thatsachen jemand es in Frage stellen kann, dass die Umdrehung der Erde bestimmend auf die Richtung der Winde wirkt, ist in der That rätselhaft. Die südliche Hälfte der heissen Zone wird über dem offenen Ozeane von einem starken sehr beständigen normalen Passatwinde eingenommen; die nördlichen Golfe des Ozeans haben einen ebenso starken und stetigen Wind, aber dieser kommt aus SW, und doch bewegt sich in beiden Fällen der Wind auf nordwärts gerichteten Gradienten. Der Gürtel schwächerer und minder beständiger Winde mit nicht seltenen Windstillen längs des Äquators erweist sich beim Vergleiche mit der Temperaturkarte, als Folge eines Gürtels schwacher Temperaturgradienten und davon herrührender schwacher barometrischer Gradienten; diese sind die Vertreter des verschwundenen äquatorialen Stillengürtels, welcher nun durch den Gürtel niedrigen Luftdruckes in Südasien ersetzt ist.

In diesem Zusammenhange möge bemerkt sein, dass die Entwickelung des terrestrischen Monsuns in der südlichen Halbkugel in manchen Hinsichten anders vor sich geht, als die des kontinentalen Monsuns in der nördlichen. Das Vorschreiten des Stillengürtels vom Äquator zu seiner südlichsten Lage, wo derselbe im Januar oder Februar sich findet, vollzieht sich durch eine stetige Wanderung, und der einströmende Passat folgt einfach diesem wandernden Gürtel hoher Temperatur und niedrigen Druckes mit der Ablenkung, die der Halbkugel, in der er sich jeweils befindet, zukommt. Wenn aber die Sonne nordwärts sich bewegt, und der Stillengürtel ihr nachzieht, verliert sich diese Regelmässigkeit in der Wanderung; denn wenn die Mallungen zum Äquator zurückgekehrt sind im April, nimmt die Temperatur über Nordindien so schnell zu, dass der Sitz der höchsten Temperatur und des niedrigsten Luftdruckes auf einmal zur Breite 25° Nord übertragen wird, und dann machen die Winde nicht mehr Halt am Äquator, sondern strömen weiter zu diesem neuen Ziele. Die frühere Lage der Mallungen ist dann nur durch einen Gürtel schwächerer Winde und gelegentlicher Windstillen längs dem Äquator bezeichnet. Fünf oder sechs Monate später wird der Gürtel niedrigen Druckes von seiner abnormen Stellung in Nordindien nach dem eigentlichen äquatorialen Gürtel zurückverlegt, und dann stellt sich seine Südwärtswanderung wieder ein.

Die Ablenkungen dieses Monsuns, nachdem er Indien erreicht hat, sind ebenso merkbar, wie die seines Vorgängers sechs Monate früher. Er bläst fast von West nach Ost durch Südindien, während er auf der Gangesebene als Südostwind auftritt. Es ist daher in Vorderindien besser, ihn nach Blanford als »Sommermonsun« und nicht als Südwestmonsun zu bezeichnen.

Angesichts aller dieser Thatsachen darf man wohl sagen, dass diejenigen Darstellungen der Monsune des Indischen Ozeans unvollständig sind, welche den terrestrischen Monsun der südlichen Halbkugel auslassen. Wenngleich weniger berühmt, weniger in die Augen fallend und von geringerer praktischer Bedeutung als die kontinentalen Monsune, verdient er doch die sorgfältige Beachtung von Seiten des Meteorologen.«

Die tropischen Orkane der Südsee zwischen Australien und den Paumotuinseln.

Beobachtungen über Orkane der Südsee liegen bis jetzt nur in verhältnismässig geringer Anzahl vor, und aus diesem Grunde sind die Eigentümlichkeiten im Auftreten dieser Stürme noch wenig erforscht. E. Knipping (der frühere Direktor des meteorologischen Observatoriums zu Tokio) hat deshalb eine sehr verdienstliche Arbeit ausgeführt, indem er die Berichte über 138 Stürme aus der Zeit von 1789—1891 sammelte und wissenschaftlich diskutierte[1]). Folgendes sind die wichtigsten Ergebnisse, welche diese Untersuchung zu Tage gefördert hat.

Zunächst schildert Knipping einige allgemeine Verhältnisse des in Rede stehenden Gebietes. »Die endlose Wasserwüste,« sagt er, »zwischen Australien und Südamerika zerfällt in zwei Hälften, von denen die östliche fast aller Inseln bar, die westliche dagegen — besonders innerhalb des Wendekreises — mit einzelnen Inseln, Inselgruppen und Riffen übersäet ist.

Diese Inseln, zusammen doppelt so gross als Bayern, aber kleiner als ein Viertel von Neuguinea, bilden nur einen verschwindenden Bruchteil der umgebenden Wasserfläche, aber trotzdem üben sie durch ihre Menge, Verteilung und Lage innerhalb der Tropen einen grossen Einfluss aus, der sich weithin geltend macht.

Im südlichen Winter herrscht der Südostpassat ziemlich unumschränkt auf dem ganzen Gebiete von Australien bis Südamerika, im südlichen Sommer dagegen, von November bis April, sind die Windverhältnisse der westlichen Hälfte wesentlich andere. Dann weht im Osten von Nordaustralien und Neuguinea bis zur Breite und Länge der Banksinseln, teilweise noch auf den Neuhebriden, der Nordwestmonsun.

Weiter östlich, zwischen dem Wendekreise und 10° südl. Br., d. h. in der Zone, welche fast alle wichtigeren und grösseren Inseln südlich der Linie einschliesst, ist der Südostpassat bis zu den Paumotuinseln gestört. Nordöstliche und nordwestliche wechseln mit südöstlichen Winden und Windstillen ab.

Dass nur die Inseln diese Störung des Passats verursachen, folgt daraus, dass in derselben Jahreszeit weder im Osten der Paumotuinseln in gleicher Breite, noch auch im Süden des gestörten Gebietes in gleicher Länge der Südostpassat eine Unterbrechung erleidet. Ja selbst im Norden der gestörten Zone, wo die Inseln klein und dünn gesäet sind, herrscht ebenfalls meist wieder der Südostpassat.

Den ersten Anstoss zu dem Nordwestmonsune geben die weiten, wasserarmen Gebiete Nordaustraliens, deren Einfluss sich zuerst geltend macht, wenn die Sonne nach dem Überschreiten der Linie sich dem südlichen Wendekreise nähert oder ihn erreicht hat, im November und Dezember, und senkrecht über jenen Flächen steht. Die Auflockerung der Luft, infolge der grossen Hitze, breitet sich aber auch östlich über das Korallenmeer aus, denn der Nordwestmonsun reicht über die Salomon- und Santa Cruz-Gruppe hinaus bis zu den Neuhebriden. In derselben Weise wie Nordaustralien,

[1]) Archiv der Deutschen Seewarte 1893. Nr. 1.

nur in kleinerem Massstabe, wirken gleichzeitig Neukaledonien, die Fijiinseln und alle anderen Gruppen in gleicher Breite, so dass sich ein ununterbrochenes, über der Inselflur nur schwächer ausgeprägtes Auflockerungsgebiet bis zur letzten, östlichsten Gruppe in den Tropen hinzieht, den Paumotuinseln.

Ist die Sonne im März wieder über die Linie zurückgegangen, so tritt mit schnell abnehmender Mittagshöhe der Sonne allmählich der Südostpassat wieder in seine Rechte ein, bis er im April oder Mai das ihm zeitweilig entrissene Gebiet wieder erobert hat.

Die Zeit des Nordwestmonsuns und des gestörten Passates ist auch zugleich die Regenzeit für diese Gebiete. Die hohe Luft- und Wasserwärme, der ausserordentliche Dampfgehalt, die von einer senkrechten Sonne erzeugten vertikalen Strömungen, mit Windstillen abwechselnde umlaufende Winde, sind reichlichem Regenfalle in dieser Jahreszeit besonders günstig.

Die Verdunstung ist während dieser Monate in dem westlichen Teile der Südsee eine besonders schnelle, die horizontale Abfuhr des Wasserdampfes fast ganz unterbrochen. Die Bewegung der Gewässer ist das ganze Jahr hindurch im Westen durch die Inseln gehemmt; in demselben Sinne wirkt der gestörte Passat während der wärmeren Jahreshälfte, so dass im südlichen Sommer Luft und Wasser im Westen 3—4° C. wärmer sind als im Osten.

Ferner bilden die Inselketten und -gruppen, Riffe und Atolle eine Menge mehr oder weniger abgeschlossener Becken, in denen die Temperatur des Wassers noch höher steigt, als auf offener See. Die Wasserflächen, auf denen die Verdunstung eine besonders starke ist, sind vielfach beträchtlich grösser als die zugehörigen Landflächen. Zwischen Neukaledonien, den Loyalitätsinseln und den äussersten Riffen lässt sie sich beispielsweise auf das Vierfache, bei der Fijigruppe auf das Fünffache der Landfläche schätzen, so dass bei hohem Sonnenstande und ungehinderter Strahlung die Verdunstung in der Nähe aller Riffinseln ungewöhnlich schnell vor sich geht, die Luft mit Wasserdampf meist gesättigt ist.

Der Gegensatz zwischen der Ost- und Westhälfte gipfelt aber in der Thatsache, dass dort Orkane unbekannt sind, hier kein Jahr ohne einen oder mehrere derselben vergeht. Wir schliessen daraus, dass sowohl der gestörte Passat als auch die Orkane der Westhälfte durch die Anwesenheit der Inseln bedingt sind, und ferner, dass sich innerhalb einer beständigen breiten Luftströmung kein Orkan bildet. Das letztere gilt ebensowohl für den vollentwickelten Nordwestmonsun wie für den Südostpassat.«

Von den 138 Orkanen der Westhälfte sind 125 in ihrer Verteilung auf die einzelnen Monate bekannt. Hiernach entfallen 109 auf die Monate Dezember bis März, 12 auf April und November, vier auf September, Oktober und Mai. Von Mitte Dezember bis Ende März darf man am ehesten einen erwarten; ganz vereinzelt kommen sie schon im September und noch im Mai vor. Bei den Fijiinseln nimmt die Zahl der hier zuerst beobachteten Orkane von Dezember bis März stetig zu, während bei Neukaledonien und bei den Samoainseln der Januar die höchsten Werte aufweist.

Bei weitem die meisten Orkane, 104, wurden zuerst bei den Hauptinselgruppen beobachtet, Neukaledonien, Neuhebriden, Fiji-, Samoa- und Tongainseln; die übrigen 21, ein Sechstel aller, verteilen sich in abnehmender Reihe auf Nordostaustralien, die Tibuai-, Salomon-, Gesellschaftsinseln, endlich die Paumotu- und Cooksgruppe.

Bemerkenswert erscheint die Abnahme in der Häufigkeit zwischen und die Zunahme bei grösseren Inselgruppen, was die Ansicht der Seeleute zu bestätigen scheint, dass man in der Nähe des Landes eher einen Orkan zu erwarten hat, als in einiger Entfernung davon.

Knipping hat von 55 Orkanen die Bahnen mit mehr oder weniger Sicherheit zusammenstellen können. Von diesen zeigen die meisten eine Richtung nach Südost, 32 Bahnen sind geradlinig, 22 zeigen eine Parabelform, die nach Osten offen ist. Ein Teil der geraden Bahnen ist offenbar thatsächlich einfach, d. h. ohne Scheitel oder Parabelform und nicht bloss etwa unvollständig beobachtet und gezeichnet. Nach der Zusammenstellung von Knipping liegt der Scheitel- oder Umbiegungspunkt nach Süd und Südost der Orkanbahnen, in 20° südl. Br., von Dezember bis Februar in 18°, im März in 20° südl. Br. Die im Korallenmeere nach Südwest gehenden Orkane biegen in der Nähe der australischen Küste nach Südost um.

Im Süden der Verbindungslinie Südneukaledonien, Südfiji, Tongatabu und Upolu herrscht die südöstliche Richtung fast ausschliesslich vor, im Norden derselben kommt daneben auch die Richtung Süd und Südwest vor. Verbindet man die Südspitze von Neukaledonien mit Tutuila, einer der Samoainseln, und zieht in 350 Seemeilen Abstand eine Parallele durch Mallikollo, Rotuma und Oatafu, so gehen von diesem Streifen $^6/_7$ aller Bahnen aus. Die meisten Orkane entstehen also in diesem Gebiete.

Nach Monaten geordnet ergeben die Bahnen folgende Reihe:

	November	Dezember	Januar	Februar	März	April
Bahnen . .	3	7	10	11	20	4

»Hier erscheint der März entschieden als Hauptmonat, während er in der allgemeinen Verteilung mit dem Januar gleichsteht. Der Grund liegt darin, dass die Hauptzeit nicht für alle Inselgruppen dieselbe ist, sondern zum Teile jedenfalls von der Breite abhängt. Es fällt nämlich auf, dass die November- und Dezemberbahnen mehr im Osten und die Bahnanfänge näher der Linie liegen, während die Januar- und Februarbahnen besonders bei Neukaledonien, nahe dem Wendekreise vertreten sind, November und Dezember hier aber fehlen.

Die Samoainseln liegen in 14° südl. Br., die Fijiinseln in 16—18°, Neukaledonien zwischen 20 und 23°. Die Zeiten, zu welchen die Sonne senkrecht über den drei Gebieten steht, sind folgende:

	Sonne im Scheitel von	bis	Mittel-Zeit	Dauer in Tagen
Samoa	30. X.	1. XI.	31. X.	3
Fiji	6. XI.	13. XI.	10. XI.	8
Neukaledonien . .	21. XI.	21. I.	21. XII.	60
Fiji	29. I.	5. II.	1. II.	8
Samoa	10. II.	12. II.	11. II.	3

Da eine starke Sonnenstrahlung der Bildung von Orkanen günstig ist, müssen letztere beim Wendekreise in der Mitte der Orkanzeit in grösster Anzahl vorkommen, in niedrigeren Breiten dagegen häufiger zu Anfang und zu Ende, als in der Mitte, vorausgesetzt, dass sie in den betreffenden Breiten entstehen und nicht zugewandert sind.

Die folgende Doppelreihe:

	Einzelfälle						Bahnen					
Monat	XI	XII	I	II	III	IV	XI	XII	I	II	III	IV
Neukaledonien .	1	1	11	9	6	—	1	—	4	6	2	—
Samoa	1	7	10	1	8	2	—	6	2	1	6	1

zeigt deutlich, dass Neukaledonien nur ein Maximum in der Mitte der Orkanzeit hat, die Samoainseln dagegen zwei Maxima, eines am Anfange und eines am Ende der Orkanzeit mit einem Minimum dazwischen. Die Verspätung der Wirkung der nächsten Sonnenstrahlung beträgt, nach den Orkanzeiten gemessen, etwa sechs Wochen.

Die obige Voraussetzung trifft also zu; die meisten Orkane sind in der Nähe der Inseln entstanden, nicht zugewandert.

In ähnlicher Weise darf man aus der verschieden langen Dauer des senkrechten Sonnenstandes schliessen, dass die Gesamtzahl aller Orkane bei Neukaledonien grösser ist, als auf den Fijiinseln, hier wieder grösser, als auf den Samoainseln. Aus dem vorliegenden ungleichartigen Materiale lässt sich dies nicht beweisen, aber bei den Seeleuten dieser Gegend ist diese Ansicht allgemein verbreitet und durch lange Erfahrung begründet.«

»Die Geschwindigkeit, mit welcher die Orkane auf ihrer Bahn voranschreiten, beträgt im Mittel aus 39 Werten acht Seemeilen die Stunde. Von den höchsten Werten kommen vor: 18 Seemeilen einmal, 16 Seemeilen einmal, 15 Seemeilen dreimal.

Wo die Geschwindigkeit desselben Orkans auf mehr als einer Strecke bestimmt werden konnte, zeigte sich meist ein Anwachsen derselben mit der Breite.

An der australischen Küste wachsen die Werte von drei Seemeilen im Norden bis elf Seemeilen im Süden. Bei Neukaledonien wechseln sie von zwei bis 13 Seemeilen, erreichen auf 30° südl. Br. 16 Seemeilen. Westlich und östlich von Tongatabu häufen sich die hohen Werte, 14 Seemeilen als Mittel aus zehn Fällen, dagegen war die Geschwindigkeit der von Nord nach Süd über alle Tongainseln gehenden Orkane nur $^1/_3$ so gross, Zwischen den Samoa- und Cooksinseln ist das Mittel aus sieben Fällen neun Seemeilen; unmittelbar bei den Samoainseln kommen Werte von zwei Seemeilen vor.

Während der Entwickelung eines Orkans darf man ganz geringe Geschwindigkeiten nebst unregelmässiger Bewegung erwarten, im offenen Meere, südlich der Inseln nur in seltenen Fällen 18 Seemeilen.«

Das Barometer fällt in manchen Orkanen durchaus nicht übermässig tief; Windstärke 11 ist mit 754 *mm* zusammen beobachtet worden, ein Umstand, der vielleicht Schuld an der irrigen Ansicht ist, die Orkane der Südsee seien weniger heftig als die anderer Tropenmeere. In manchen Orkanen ist der Fall ganz beträchtlich; so sind beobachtet in verschiedenen Orkanen: bei Neukaledonien 710, 712 und 713 *mm*, bei Tanna 714 und 719 *mm*, auf den Fijiinseln 700, 705 und 720 *mm*, auf Tongatabu 712, Vavau 721, Raratonga 704, endlich in Apia 687 *mm*. Der Stand 687 *mm* wird von der »Favourite« im Hafen von Apia unter dem 6. April 1850 berichtet, als ganz Upolu total verwüstet wurde.

Ob der Wert 687 *mm* genau ist, lässt Knipping dahingestellt bleiben, bemerkt aber, dass in einzelnen Fällen auch anderwärts ebenso tiefe Stände in der Meeresfläche gemeldet sind, und die Seltenheit einer Beobachtung allein nicht ohne weiteres gegen ihre Richtigkeit angeführt werden darf.

Bezüglich der Dauer eines Orkans bemerkt er, dass dieselbe von mehreren Tagen bis zu wenigen Stunden wechsele und besonders davon abhänge, ob sich der Beobachter in der Nähe der Inselgruppen befindet oder südlich davon. Die längste Dauer wird aus dem Meeresteile zwischen Neukaledonien und den Neuhebriden, sowie von Hapaii berichtet, sechs Tage.

Bei den Fijiinseln werden vier, bei den Samoainseln $3^1/_2$ Tage erwähnt. In allen diesen Fällen dürfe man ziemlich sicher annehmen, dass der Orkan sich gleichzeitig noch entwickele. In höheren Breiten, frei von den Inseln, kann etwa ein Tag als Durchschnittsdauer gelten.

Die Zeit, innerhalb deren Windstärke 11 und 12 notiert wurde, betrug in Apia am 16. März 1889 24 Stunden, bei den Neuhebriden am 1. Januar 1854 36 Stunden, endlich an Bord des »Aeolus«, Kapitän W. Frerichs, in 17° südl. Br., 159° östl. Länge März 1891 volle fünf Tage. Die Ortsveränderung des Schiffes betrug während der Zeit nur 135 Seemeilen, nahezu senkrecht zur Bahn, so dass dieselbe auf die beobachtete Dauer des Orkans keinen Einfluss ausüben konnte.

Die mittlere Ausdehnung der Orkane kann zu 300—400 Seemeilen geschätzt werden; in seltenen Fällen bleibt sie unter 200 oder

überschreiten 800 Seemeilen. Nicht immer lässt sich eine allmähliche Abnahme der Stärke nach aussen erkennen, manchmal findet dieselbe plötzlich statt.

So heisst es über den schweren Orkan von Upolu, anfangs April 1850: »Er wurde auf der Insel Savaii kaum gespürt, eine Seite von Manono blieb verschont, aber an beiden Seiten von Upolu wütete er furchtbar«. Die kleine Insel Manono liegt zwischen Savaii und Upolu, sieben Seemeilen von Savaii, zwei Seemeilen von Upolu entfernt. Da halb Manono, d. h. die Süd- oder Südwestseite verwüstet wurde, während Savaii verschont blieb, genügten hier wenige Seemeilen, um aus dem Orkane in verhältnismässig besseres Wetter zu kommen.«

»Bisweilen,« bemerkt Knipping, »tritt mit dem Orkane eine Welle auf, die vor Anker liegenden Schiffen und den Bewohnern niedriger Inseln und Küsten verderblicher werden kann, als der Sturm selbst. Sie erreicht eine Höhe von 3—10 *m*, tritt aber nur in unmittelbarer Nähe des Zentrums und des Landes auf.

In Rarotonga wurde 1846 ein Küstenfahrer über die Kronen der Kokospalmen hinweg aufs Land gesetzt, in Nandi 1879 ein Kutter 3/4 Meilen weit ins Innere geführt; 1883 strandeten im Hafen von Apia während eines Orkans, aber infolge einer Erdbebenwelle, alle vor Anker liegenden Schiffe. Eine ausserordentliche Welle verwüstete im März 1886 die Inseln Nairai und Batiki in der Fijigruppe.

Die Dauer der zentralen Windstille scheint sehr zu wechseln; in einem Falle betrug sie zehn Minuten, in einem anderen 11 1/2 Stunden. Der Durchmesser des windstillen Gebietes bleibt meist unter 30 Seemeilen.

Manche Orkane nehmen ganz plötzlich ab; so der Orkan in Apia Januar 1863, ferner der in Tongatabu November 1875. Jener hörte nur in Apia plötzlich auf, dieser dagegen scheint überhaupt bald verschwunden zu sein.

Die Gewalt mancher Orkane ist unwiderstehlich; in der nächsten Nähe der Bahn hält nichts stand; Gehen und Stehen ist unmöglich; der vom Sturm gepeitschte Regen verursacht, wo er die Haut trifft, empfindliche Schmerzen; das Salzwasser des Meeres wird als Gischt weit über das Land geführt; Landvögel, die in einen Orkan geraten sind, können nicht mehr hinaus, sie müssen mit und gehen dabei meist zu Grunde. Die verwüstete Gegend sieht aus, als wenn Feuer über das Land gegangen wäre. Die Riffe sind vielfach durch die Orkane Änderungen ausgesetzt; das Erscheinen neuer oder Verschwinden alter Riffinseln ist deshalb nicht selten. Auf Kaukura, einer der Paumotuinseln, wurden im Februar 1878 30′ hohe Korallenblöcke aufs Land gewaschen, die zehn Seemeilen weit sichtbar sein sollen.«

Schliesslich giebt Knipping folgende Gesichtspunkte für die Praxis des Seemannes bei der Beurteilung seiner Lage zu einem Orkane in der Südsee:

»Die eigentliche Orkanzeit dauert von Mitte Dezember bis Ende März; ein verspätetes Auftreten im April kommt häufiger vor als ein verfrühtes im November. Eine ganz scharf begrenzte Periode giebt es auch hier nicht.

März ist der Monat mit den schwersten und meisten Orkanen; eine Ausnahme macht Neukaledonien mit Januar—Februar als Höhezeit.

Wenn die Regenzeit sich verspätet, oder während derselben eine lange trockene, heisse Periode auftritt, darf man eher auf einen oder auch mehrere Orkane hintereinander rechnen als sonst. Erkundigungen nach der Witterung der verflossenen Wochen bei der Ankunft im Hafen und eigene Beobachtungen daselbst haben deshalb mehr als ein oberflächliches Interesse, denn ganz orkanfreie Häfen giebt es auf den Inseln nicht.

Die meisten Orkane werden aus dem Dreieck: Neukaledonien, Samoa- und Cooksinseln gemeldet und südlich davon; die meisten entstehen nahe

der Dreiecksseite Neukaledonien — Samoainseln, und nördlich davon. Zwischen der Linie und 9° südl. Br. liegt bis jetzt keine Orkanmeldung vor.

Aus jedem starken, anhaltenden Regen kann sich ein Orkan entwickeln. Das beiden Gemeinsame ist ein kräftiger, aufsteigender Luftstrom, dessen Wasserdampf schnell zu Regen verdichtet wird. In den meisten Fällen überleben sich diese vertikalen Ströme bald, um durch andere ersetzt zu werden, nur ganz selten gelangt einer in genügendem Massstabe zur weiteren Entwickelung und wird zum Orkane.

Während der Entwickelungsperiode, die mehrere Tage dauern kann, strömt die Luft der Mitte mehr geradlinig zu. Wind, Wolken und See geben dabei weniger Warnung, als Barometer und Regen.

Inseln überhaupt begünstigen aufsteigende Ströme, Inseln von einiger Höhe erleichtern als Windscheiden auch den Anfang der Winddrehung; sind sie ausserdem von Küstenriffen umgeben, so liegen die Bedingungen zur Orkanbildung am günstigsten. Auf Orkane, die sich im Norden der Inselgruppen gebildet haben, üben die letzteren insofern eine Anziehung aus, als sie ihnen günstigere Entwickelungsbedingungen bieten als die See allein. Bei den grösseren Gruppen findet man deshalb Orkane häufiger und durchschnittlich besser entwickelt als anderswo.

Festländer, wie Australien, beschleunigen die Auflösung, Inseln die Entwickelung.

Auf den Luisiaden-, Salomon- und Banksinseln entwickeln sie sich vermutlich seltener, solange hier der Nordwestmonsun entschieden herrscht.

Bis die eigenen Beobachtungen genauere Auskunft geben, mag als vorläufige Bahnrichtung gelten: im Korallenmeere SW, an der australischen Küste SO, im Süden der Inseln und im Osten SO. Nördlich von den grösseren Gruppen, wo die Richtungen zwischen SW und SO schwanken, nehme man zunächst S an und berücksichtige, dass die Orkane mit Vorliebe in der Nähe der grösseren Gruppen vorbeigehen.

Eine richtige Schätzung der Bahn nach eigenen Beobachtungen an Bord wird dadurch erschwert, dass die Peilung immer etwas unsicher und veränderlich ist, die Windrichtung vor, besonders rechts vor dem Zentrum oft um mehrere Striche hin und her schwankt, ehe die endgültige Winddrehung eintritt. Erleichtert wird sie durch die Annahme einer geradlinigen, gleichförmigen Bewegung des Zentrums. Die Entfernung lässt sich nach Windstärke, Barometer, See und Schnelligkeit der Windänderung schätzen.

Als Geschwindigkeit in der Bahn kann man auf Südostkursen, frei von den Inseln, 10—15 Seemeilen rechnen, im nördlichen Korallenmeere 3—5, nördlich von den Inselgruppen 3—10 Seemeilen.

Die gefährlichsten Winde sind NO bis SO; bei Sturm aus NO liegt das Zentrum wahrscheinlich in NW bis WNW, bei Südoststurm in NNO bis NNW.

Auch ohne bestimmte andere Anzeichen sind Nordostwinde in der Orkanzeit an und für sich verdächtig.«

Die Winde in den südaustralischen Küstengewässern hat L. E. Dinklage, nach den Beobachtungen der Reichspostdampfer des Norddeutschen Lloyd einer näheren Untersuchung unterzogen[1]). Das Beobachtungsgebiet dehnt sich südlich von Australien zwischen Kap Borda und Kap Leeuwin aus, und die Beobachtungszeit umfasst die sieben Jahre 1886—1893. Die Beobachtungsergebnisse sind in Tabellen niedergelegt. Wie aus denselben hervorgeht, weht der Wind

[1]) Ann. d. Hydrographie 1894. p. 6 u. ff.

in den südaustralischen Küstengewässern im Januar und Februar, den Hochsommermonaten südlicher Breiten, fast immer aus dem südlichen Halbkreise, zumeist aus den Strichen OSO bis SW, auf welche 63 %, also nahezu zwei Drittel aller Beobachtungen, entfallen. Nördliche und besonders nordwestliche Winde sind sehr selten, auf die Striche West bis NNO kommen nur 12 %. Auch im März ist der Wind noch vorwiegend südlich, doch ist er schon unbestimmter in Richtung und zieht sich von SO schon mehr nach O und den Strichen nördlich von O. Am häufigsten weht er aus WSW bis S und OSO bis NO. Nordwestliche Winde sind wie vorher sehr selten. Mit fortschreitender Jahreszeit dreht sich der Wind im östlichen Halbkreise noch weiter nach links. Die beiden Herbstmonate April und Mai zeichnen sich durch das Vorherrschen nordöstlicher Winde aus. Nach diesen sind die südwestlichen die häufigsten, während die südöstlichen schon ziemlich selten geworden sind. Nordwestliche Winde kommen zwar nicht viel, aber doch sehr viel öfter vor, als in den früheren Monaten. In den folgenden vier Wintermonaten und besonders im Juli, August und September sind, wie im Sommer die nordwestlichen, die südöstlichen Winde sehr selten. Der Wind hält sich zumeist in dem Halbkreise von NNO durch NW bis SW, auf welche acht Striche nahezu doppelt so viele Beobachtungen als auf die andere Hälfte der Windrose entfallen. Verhältnismässig am häufigsten weht er aus den Strichen W bis SW. Oktober, November und Dezember leiten, durch die Zunahme östlicher und südlicher und die Abnahme nördlicher und nordwestlicher Winde, welch letztere im Dezember noch seltener als im Januar, Februar und März sind, wieder zu dem sommerlichen Charakter der Windverhältnisse hinüber. Der Wind dreht sich im östlichen Halbkreise mehr nach rechts, im westlichen mehr nach links. Der November entspricht als Übergangsmonat des Frühlings fast genau dem März in der entgegengesetzten Jahreszeit, indem der Wind zu allermeist wieder aus den Strichen OSO bis NO und WSW bis S kommt.

Was die Windstärken anbetrifft, so zeigt sich, dass der Wind im Sommer durchweg leichter ist als im Winter. Die meisten Stillen und leichten Winde — Stärke 0 bis 3 — kommen im Februar und März vor, die meisten steifen und stürmischen Winde — von Stärke 6 und mehr — in den Monaten Mai bis September. Die mittlere Stärke der ganzen Luftbewegung ergiebt sich für diese Jahreszeit um ungefähr eine Nummer der Beaufortskala grösser, als für die genannten beiden Sommermonate. Die stürmischsten Monate sind Juli, August und September; die Häufigkeit der Winde von Stärke 8 und mehr steigt alsdann auf 6 bis 9 %, während sie von November bis April kaum 1 % ausmacht. Auffälligerweise kommt auf den Juli, die Mitte des Winters, neben den Stürmen auch ein ungewöhnlich grosser Prozentsatz leichter Winde und Stillen, so dass die mittlere Stärke der ganzen Luftbewegung dieses Monats gegen

die der vorhergehenden und nachfolgenden ziemlich zurückweicht. Der gewöhnliche Zustand der Luft über dem fraglichen Meeresstriche ist eine leichte bis frische Briese; auf die Nummern 2 bis 5 der Beaufortskala entfallen im Jahresmittel nicht weniger als drei Viertel aller Windbeobachtungen. Durchschnittlich am kräftigsten weht der Wind aus dem Südwestquadranten, aus welchem auch am häufigsten die Stürme kommen, doch ergeben sich in mehreren Monaten auch für Winde aus den nördlichen Vierteln verhältnismässig grosse mittlere Stärken, so für die nordöstlichen im Mai, September und Oktober, für die nordwestlichen im Mai, Juni und Juli. Durchschnittlich am schwächsten sind die südöstlichen Winde, nur in den Sommermonaten November bis Februar sind die dann seltenen nordwestlichen meistens noch von etwas geringerer Stärke. Diesem entsprechend kommen Stürme aus SO sehr wenig vor; in dem hier benutzten Beobachtungsmateriale ist die Stärke 8 mit Winden aus dem Südostquadranten nur viermal, zweimal im Mai und zweimal im September, notiert. Im Jahresmittel kommt die grösste Windstärke auf die Striche WSW — 4.7 der Beaufortskala — und W — 4.5 —, die geringste — 3.2 bis 3.3 — auf die Striche SO, OSO und O.

Winde von der Ostseite (NNO—SSO) sind vorwiegend von November bis März am meisten im November und Januar, in welchen Monaten das Verhältnis 50 gegen 33 % ausmacht. Dagegen sind Winde von der Westseite (SSW—NNW) vorwiegend von Juni bis September, am meisten im Juli und August: 58 gegen 30 %. Im April, Mai und Oktober sind östliche und westliche Winde gleich häufig.

Winde von der Südseite (OSO—WSW) sind vorwiegend von Oktober bis März, am meisten im Januar und Februar: 68 gegen 19 %. Winde von der Nordseite (WNW—ONO) sind vorwiegend im April und Mai: 50 gegen 34 %. Im Juni, Juli, August und September kommt der Wind mit gleicher Häufigkeit aus dem südlichen und dem nördlichen Halbkreise.

Betrachtet man die Windverhältnisse in den südaustralischen Küstengewässern unter Bezugnahme auf die Verhältnisse des Luftdrucks, durch welche sie bedingt werden, so lassen sich dieselben wie folgt darstellen:

»Die stetigen südlichen Winde der Hochsommermonate Januar und Februar werden hervorgerufen durch den niedrigen Luftdruck über dem australischen Festlande, der wieder eine Folge der dort um diese Zeit stattfindenden grossen Lufterwärmung ist, und den ihm gegenüberstehenden höheren Luftdruck über den relativ kalten südlichen Küstengewässern. Die mittlere Lage des Druckminimums in ungefähr 125° östl. L. bedingt, dass der Wind näher Kap Borda mehr aus einer südöstlichen, näher Kap Leeuwin aber mehr aus einer südwestlichen Richtung kommt.

Mit fortschreitender Jahreszeit verschiebt sich, der nördlichen Deklinationsänderung der Sonne folgend, auch das Niederdruckgebiet

und zugleich das Gebiet beständig hohen Luftdrucks weiter nach Norden. Die südaustralischen Gewässer gelangen jetzt in die Region der veränderlichen Luftdruckverhältnisse der polaren Passatgrenze, deren charakteristische Erscheinung hier, wie auf vielen anderen ähnlich gelegenen Stellen, die ostwärts wandernden, durch rinnenförmige, in nord—südlicher Richtung verlaufende Gebiete niedrigeren Drucks getrennten Luftdruckmaxima sind. Ihr Auftreten ruft die umlaufenden Winde hervor, durch welche sich die Monate März, April und Mai kennzeichnen. Der Wind beginnt in dieser Jahreszeit gewöhnlich aus einer östlichen Richtung und holt dann, auffrischend, bei abnehmendem Luftdrucke durch NO nach. Mit dem Eintritte des niedrigsten Barometerstandes läuft er rasch und meistens abflauend durch die nordwestlichen Striche, um nun mit vermehrter Kraft aus dem Südwestquadranten einzufallen, wo er, allmählich abnehmend und gewöhnlich noch etwas südlicher drehend, bei wieder hoch gestiegenem Barometer schliesslich zu Ende geht. Im März, wenn die Maxima noch oft an der Südseite des hier besprochenen Gebiets vorüberziehen, hält sich der Wind bei diesen Umläufen noch mehr in den südlichen Strichen, während er in den späteren Monaten mehr aus NO bis N weht und in der zweiten Hälfte der Wetterperiode aus einer westlicheren Richtung einsetzt. Da das ganze System, wie gesagt, in östlicher Richtung fortschreitet, so werden auf einem westwärts fahrenden Dampfer die Luftdruck- und Windänderungen natürlicherweise sehr viel häufiger beobachtet als an Bord eines ostwärts steuernden, der, mit dem Systeme gleichen Schritt haltend, oft die ganze Strecke von Kap Leeuwin bis Kap Borda mit beständigem Nordost- oder Südwestwinde zurücklegt.

In den folgenden vier Wintermonaten — Juni, Juli, August und teilweise September — befindet sich das Beobachtungsfeld gänzlich an der Südseite des hohen Luftdrucks, der nach weiterer Verschiebung nordwärts während dieser Zeit über dem relativ kalten Festlande Australiens liegt, und die zwischen NW und SW schwankenden Winde, welche jetzt vorherrschen, werden durch Depressionen hervorgerufen, deren Minima im Süden vorüberziehen. Beim Herannahen der letzteren krimpt der Wind auch noch öfter bis NO zurück, doch ist dies meistens nur für kurze Zeit; am längsten hält er sich in den westlichen Strichen.

Die Monate Oktober, November und Dezember, während welcher das Gebiet des höchsten Luftdrucks sich wieder allmählich südwärts vorschiebt, zeigen wieder einen ähnlichen Charakter wie März, April und Mai: ostwärts wandernde Maxima, getrennt durch rinnenförmige Depressionen, und von NO nach SW umspringende Winde.«

Die Stürme des Stillen Ozeans. E. Knipping macht einige allgemeine Bemerkungen hierüber[1]). Weitaus die meisten Stürme treten

[1]) Ann. d. Hydrographie 1894. **22.** p. 161 u. ff.

in Begleitung eines Barometerminimums oder einer Depression auf, wobei das Barometer einen tiefen Stand oder schnelle Änderungen zeigt. »Da aber die Windstärke in erster Linie von dem Luftdruckgefälle am Schiffsorte abhängt, und letzteres auch bei hohem und sich wenig änderndem Barometerstande steil sein kann, beobachtet man auch schwere Stürme bei hohem und stetigem Barometer. Stürme dieser Art zeichnen sich meist durch die Stetigkeit ihrer Richtung aus und treten im nördlichen Stillen Ozeane besonders am Ostrande der Barometermaxima als Stürme aus nördlicher Richtung, im südlichen Stillen Ozeane besonders am Nordrande der Maxima als Stürme aus östlicher Richtung auf.

Sturmgebiete. Aus der Zone von etwa 5° nördl. Br. bis 9° südl. Br. und in dem Südostpassatgebiete zwischen der Westküste Südamerikas und den Paumotuinseln sind schwere Stürme nicht bekannt.

Fast unbekannt sind sie ferner in dem mittleren, rein ozeanischen Teile des Nordostpassatgebietes, d. h. zwischen der ungefähren westlichen Grenze des mexikanischen Stillengebietes, 130° westl. L., und dem Meridian der Marianen, 145° östl. L., wo im Laufe vieler Jahre nur hier und da ein einzelner aufzutreten scheint.

Im mexikanischen Stillengebiete, wo sie etwa von Juli bis November vorkommen, mag ihre Zahl auf vier im Jahre geschätzt werden.

Etwas häufiger scheinen sie in der Südsee zwischen Australien und den Paumotuinseln zu sein, wo man während der Monate Dezember bis April auf sechs im Jahre rechnen mag.

Die meisten schweren tropischen Stürme weist wohl das ostasiatische Monsungebiet auf, wo man ihre Zahl auf 15—20 im Jahre veranschlagen kann; aber selbst diese Zahl erscheint gering, wenn man bedenkt, dass auf einen einzelnen bestimmten Meeresteil des ganzen Gebietes natürlich nur ein gewisser Bruchteil entfällt.

Die Wahrscheinlichkeit, überhaupt einen schweren Sturm in der heissen Zone anzutreffen, ist demnach gering; wo und wann sie innerhalb der genannten Gebiete verhältnismässig am grössten ist, lässt sich hier in der Kürze nicht angeben.

Für die Häufigkeit der Stürme des aussertropischen Stillen Ozeans gilt innerhalb der meist befahrenen Gebiete:

im Norden als Verhältniszahl Winter zu Sommer rund 6:1,
im Süden dagegen nur 2:1.

Dieser Unterschied beruht auf dem geschlossenen Charakter des nördlichen, dem offenen des südlichen Teiles; dort werden die jahreszeitlichen Gegensätze durch grosse anrückende Landmassen verstärkt, hier durch die unbegrenzte Wassermasse geschwächt. Dieser Einfluss dringt viel tiefer in alle Verhältnisse ein, als man glauben sollte, ausser anderem zeigt er sich z. B. auch darin, dass im Norden auf Ostlänge Ausschiesser von SW nach NW häufiger und

gefährlicher, weil schneller, zu sein scheinen als im ganzen Süden die entsprechenden Ausschiesser von NW nach SW.

Die Monatsisobaren können zur Erklärung einer Menge hierher gehöriger Punkte dienen, von denen einige besprochen werden mögen.

Aussertropische Meeresteile. Im Süden haben wir annähernd geradlinige, parallele Isobaren mit dachförmigem Abfalle nach Süden, geringen Unterschieden im Charakter dieser Linien während der vier Jahreszeiten. Im Norden dagegen bildet sich im Winter ein stark ausgeprägtes Tiefdruckgebiet mit geschlossenen Isobaren aus, dessen Längsaxe von den Kurilen über die Aleuten geht, mit ziemlich steilen Gradienten an allen Seiten, den steilsten in West und SW, SO und O. Dies andauernde Minimum beherrscht während seines Bestehens die ganze Umgebung, einschliesslich der einzelnen wandernden Minima, verschwindet aber zum Sommer, fast ohne eine Spur zu hinterlassen. Der Gegensatz zwischen Nord- und Südbreite in der Verteilung der Stürme auf die Jahreszeiten spricht sich hierin deutlich aus.

Da ferner die allgemeine Bewegungsrichtung der einzelnen wandernden Minima in Nordbreite vorwiegend zwischen Nord und Ost liegt, müssen die von den ostasiatischen Randmeeren kommenden winterlichen Minima bis zur Mitte des Ozeans eine Beschleunigung und Vertiefung erfahren, die an der Nordwestküste dagegen eine Verzögerung und Verflachung, wenn sie nicht schon vor dem Übergange auf das amerikanische Festland in See nach Norden ausgewichen sind. Die Wirkung dieser Einflüsse auf die Beobachtungen an Bord lässt sich am besten durch ein Beispiel charakterisieren.

Wenn im nordwestlichen Teile des aussertropischen Stillen Ozeans ein Wintersturm mit SO und fallendem Barometer anfängt, geht er meist etwas abflauend während des Minimums auf SW, und schiesst dann schnell zunehmend bei steigendem Barometer nach NW aus, wo er endet.

Wenn dagegen im nordöstlichen Teile, also an der Nordwestküste Amerikas unterhalb 50° nördl. Br., ein Wintersturm aus derselben Richtung und in ganz ähnlicher Weise wie oben anfängt und bis SW umläuft, so ist er hier, bei SW und dem Minimum, fast ausnahmslos zu Ende.

Dies sind einfache auf statistischem Wege gefundene Thatsachen, die sich aus den mittleren Isobarenkarten leicht erklären lassen.

In Südbreite besteht der grösste charakteristische Unterschied der Jahreszeiten darin, dass die wandernden Minima im südlichen Winterhalbjahre in etwas niedrigeren Breiten auftreten als im Sommer. Ihre allgemeine Richtung ist nur wenig südlich von Ost, bei Kap Horn wahrscheinlich etwas südöstlicher.

Tropische westliche Hälfte. Denkt man sich im Januar und Februar die Axe des Tiefdruckgebietes ausgezogen, dessen Kern

mit 755 *mm* über Nordwestaustralien liegt, so führt dieselbe von der Markesas- nach der Ellicegruppe und über den südlichsten Winkel des Carpentariagolfs nach Westen.

Orkane treten in der Südsee nur in den Monaten auf, in welchen diese Axe auf Südbreite liegt, d. h. Dezember bis März; dies ist zugleich die Zeit, in welcher Taifune auf der anderen Seite der Linie am allerseltensten vorkommen.

Im Mai liegt die Axe fast ganz auf Nordbreite; sie schneidet die Linie in 160° östl. L. und geht westnordwestlich über Mindanao und Palawan nach Tonkin.

Die seltenen Taifune des Mai wandern meist westnordwestlich.

Im Juli—August liegt die Axe ganz auf Nordbreite und bildet eine Parabel, deren südlicher Ast über Guam, die Miyakojimagruppe und westlich von Shanghai vorbeigeht, deren Scheitel mit dem tiefsten Luftdrucke in Innerasien liegt, und deren nördlicher Ast mit Westostrichtung durch das Okhotskische Meer geht.

Die Taifunbahnen laufen in diesen Monaten ebenfalls nordwestlicher als in den vorhergehenden, liegen auch nördlicher, gehen oft auf das Festland über und beschreiben nicht selten Parabeln, ganz ähnlich dieser Axe. Der Verlagerung dieser Axe entsprechend treten die Bahnen oberhalb des Wendekreises im September und noch entschiedener im Oktober weiter vom Festlande zurück.

Im November liegt die Axe wieder in der Nähe des Äquators und ist etwas südlich von Westen gerichtet.

November und Dezember sind die einzigen Monate, in denen im südchinesischen Meere bisher nach Südwest gerichtete Taifunbahnen vorgekommen sind.

Das mexikanische Stillengebiet. Hier wandern die Wirbel entweder in westnordwestlicher Richtung unter dem Einflusse der schwachen Furche zwischen beiden Passaten, oder sie biegen, durch das in den Isobarenkarten eben angedeutete Tiefdruckgebiet der Küstenregionen angezogen, nach NO um und betreten das Land. Im Sommer scheint jene, im Herbste diese Furche stärkeren Einfluss auszuüben. Möglicherweise spricht hierbei auch der Ursprungsort der Wirbel mit, d. h. der Abstand desselben von der Küste, der im Sommer grösser zu sein scheint als im Herbste.

Einiges zur Entstehung der Cyklonen. Wo See- und Landwinde auftreten, wie in Südwestjapan während des Sommers, bildet sich zur wärmeren Tageszeit, der Zeit des Seewindes, über dem Lande eine barometrische Depression aus, die in der Nacht wieder verschwindet. Hieraus ergiebt sich, dass solche flachen halbtägigen Depressionen und ebenso die Seewinde keine grosse Höhe über dem Boden erreichen können, ein Schluss, der durch direkte Beobachtungen mittels Ballons bestätigt wird. Dies sind die flüchtigsten von allen in Japan bekannten Depressionen.

Besser entwickelt und andauernder sind manche Depressionen, welche auf demselben Gebiete während der Regenzeit im Frühsommer

auftreten. Aber obwohl während der Dauer derselben sehr grosse Regenmengen niedergehen, also ein kräftiges Aufsteigen der Luft stattfindet, und die Wirkung der Wärme schon eine hohe ist, entwickeln sie sich doch nie zu gefährlichen Cyklonen oder Taifunen. Die Gradienten werden nie steil, höchstens wird der Wind hier oder da einmal etwas böig.

Alle Vorbedingungen, welche man als günstig für die Entwickelung einer Cyklone ansieht, sind vorhanden: gleichmässiger Luftdruck, schwache oder mässige Luftbewegung, hohe Wärme und grosse Feuchtigkeit, starker Regen und starkes Aufsteigen der Luft, und doch bildet sich keine Cyklone. Die erste, vielleicht die einzige Ursache, warum sich eine solche Depression nicht weiter entwickelt, verrät sich in der Art und Weise, wie in ihr der Regen niedergeht im Gegensatze zu einem Taifune.

Bei dem Übergange eines aus See kommenden Taifuns über das erwähnte Gebiet fällt der Regen einheitlich, während der Depressionen der Regenzeit aber nach Zeit und Raum getrennt, oft von regenfreien Pausen mit stechender Sonne unterbrochen. Dort haben wir einen einzigen Strom, hier dagegen eine ganze Menge örtlich und bei der Betrachtung kurzer Zeiteinheiten auch zeitlich voneinander unabhängiger aufsteigender Ströme. Dass die letzteren nicht zusammenfliessen, verursacht das Land, welches mit seiner rauhen, vielfach geteilten Oberfläche eine Vereinigung und Entwickelung der gewaltigen Kräfte, wie sie zur Bildung eines Taifuns nötig und in der Anlage auch vorhanden sind, nicht gestattet. Jeder der einzelnen aufsteigenden Ströme müht sich vergebens ab, zu einiger Bedeutung zu gelangen, jeder hindert die anderen, und da die Luft der unteren Schichten bald hier-, bald dorthin gezogen wird, so kommt es nicht zu einer stetigen Bewegung derselben nach und um einen bestimmten Kern.

Ganz anders in See, einige Grade südlicher bei den Liukiuinseln, wo keine grösseren Landmassen die freie Bewegung der Luft hemmen, und die sonstigen Verhältnisse denen Südjapans sehr ähnlich sind. Wenn hier in der wärmeren Jahreszeit eine zunächst unbedeutende Depression auftritt, so entwickelt sie sich sehr oft zum Taifune.

Da ferner in mehreren Fällen die Wirbelmitte nahezu bewegungslos bei oder auf den Inseln gelegen hat, dürften die Liukiuinseln ebenso wie manche Inseln der Südsee, des Golfs von Bengalen u. s. w. bei der Bildung insofern oft eine leitende Rolle spielen, als über ihnen aufsteigende Ströme sich stärker entwickeln als über dem Meere. Dadurch kommt in manchen Fällen innerhalb der Tropen schneller Einheit in das System, obwohl Inseln keine unumgänglich notwendige Vorbedingung einer jeden Cyklone sind.

Die Jahreszeiten, in welchen tropische Orkane auftreten, Sommer und Herbst der betreffenden Halbkugel, sind so deutlich gekennzeichnet, dass der Einfluss der Wärme oder des Wärmeüberschusses

auf einem bestimmten Gebiete in Luft und Wasser sich als der wichtigste Faktor bei ihrer Bildung vordrängt. In manchen Gebieten, so in der Südsee, ist ausserdem mehrfach von Ortsangesessenen direkt auf den Zusammenhang hingewiesen, der zwischen »verspäteter Regenzeit« und »Orkanhäufigkeit« besteht, woraus erhellt, dass mehr Orkane in solchen Jahren auftreten, in denen eine besonders starke Sonnenstrahlung sich geltend macht, der Nordwestmonsun ungewöhnlich lange durch den Südostpassat zurückgedämmt ist.

Der Einfluss der Erdumdrehung sowie der mittleren Isobaren oder, was dasselbe besagt, der vorherrschenden Winde, wurde schon erwähnt. Dazu tritt noch der Einfluss des Meeres, welcher sich in verschiedenen Richtungen geltend macht. Seine Oberfläche bietet der bewegten Luft nur sehr wenig Reibungswiderstand. (Bildung und Auftreten der tiefsten Minima nur auf dem Meere.) Die höchste Wärme zeigt es erst sechs bis acht Wochen nach der Luft. (Taifunmaximum im September.) Die Luft über dem Meere ist verhältnismässig feucht, im Winter ausserhalb der Tropen auch verhältnismässig warm; entsteht also überhaupt ein aufsteigender Strom, so tritt auch leicht Regen auf und damit eine Verstärkung des aufsteigenden Stromes. Warme und kalte benachbarte Wassermassen bedingen auch in der darüber lagernden Luft Gegensätze, welche die Bildung und Entwickelung von Depressionen begünstigen. (Stürme bei solchen Grenzgebieten häufiger.)

Welchen Anteil jeder dieser Faktoren bei der Entstehung von Cyklonen hat, und ob noch andere gelegentlich oder immer mitwirken, mag dahingestellt bleiben; da aber jedenfalls ein Teil[1]) der aussertropischen winterlichen Cyklonen des Stillen Ozeans sich in ganz ähnlicher Weise und unter ähnlichen Vorbedingungen entwickelt wie die tropischen, liegt die Annahme am nächsten, dass sich alle auf diese Weise entwickeln. Ob es sich dabei um eine vollständige Neubildung oder die Entwickelung eines sogenannten Teilminimums handelt, macht in den Beobachtungen an Bord wenig oder keinen Unterschied.

Mit bezug auf die geringere Anzahl der bisher bemerkten Bildungen aussertropischer winterlicher Cyklonen in See, in gleicher Weise wie der tropischen muss hinzugefügt werden, dass die Bedeutung solcher Beobachtungen nur unter sehr günstigen Verhältnissen so klar zutage tritt, dass sie als Beweismaterial angezogen werden können.«

---

[1]) Vgl. Annalen d. Hydr. 1894. p. 52:

19. Elektrische Erscheinungen der Erdatmosphäre.

Schwankungen des elektrischen Zustandes hoher Schichten der Atmosphäre bei schönem Wetter.[1]) Im Jahre 1892 hat Thuma in Wien eine Luftballonfahrt ausgeführt, um das von Exner aufgestellte Gesetz der Abnahme der elektrischen Spannung mit der Höhe experimentell zu prüfen. Mittelst Wasserkollektor und des Exner'schen Elektroskops fand er bei vollkommen heiterem Wetter in 2000 *m* Höhe entsprechend der Exner'schen Hypothese das Potentialgefälle mit der Höhe wachsen, wenn auch nicht genau nach der Exner'schen Formel, welche andere Feuchtigkeitsverhältnisse voraussetzt, als die angetroffenen.

Mit den gleichen Hilfsmitteln ausgerüstet, hat Le Cadet zwei Luftballonfahrten im Auftrage André's ausgeführt, über welche letzterer Bericht erstattet. Bei klarem Wetter wurden die Ballonfahrten am 1. und am 9. August ausgeführt und die Luftelektrizität in verschiedenen Höhen eingehend untersucht. Die in dem Berichte mitgeteilten Werte sind Mittelzahlen aus je zwölf Einzelbeobachtungen, welche in der beabsichtigten Höhe ausgeführt wurden, während der Ballon nur geringe Schwankungen um einige Meter machte. Die Abfahrt erfolgte am ersten Tage um 7 ^{h} 20 ^{m} bei sehr schwachem unterem NNW-Winde, die zweite um 1 ^{h} bei sehr schwachem SSO-Winde. Die für das Potentialgefälle $\Delta V/\Delta n$ gefundenen Werte waren:

I. Höhe	I. Gefälle	II. Höhe	II. Gefälle
614 *m*	+ 75 Volt	830 *m*	+ 43 Volt
790 »	+ 35 »	824 »	+ 37 »
740 »	+ 45 »	1060 »	+ 43 »
870 »	+ 26 »	1255 »	+ 41 »
1005 »	+ 29 »	1745 »	+ 34 »
1150 »	+ 38 »	1940 »	+ 25 »
1100 »	+ 27 »	2120 »	+ 19 »
1300 »	+ 33 »	2520 »	+ 16 »

Aus den Bemerkungen zur ersten Fahrt sei erwähnt, dass im Verlaufe einer Beobachtungsreihe die Abweichungen oft vom Einfachen bis zum Doppelten geschwankt haben, so dass die Unterschiede zwischen den Mittelwerten der verschiedenen Reihen nur zufällige sind. Die grosse Differenz zwischen der ersten und den folgenden Reihen mag von einem Nachlassen des Leitseiles herrühren, welches das ganze System des Ballons verändert hat. Die untere Atmosphäre war dunstig; es bildeten sich ferne Cumuluswolken, die während der vier letzten Reihen immer näher kamen und schliesslich den Ballon in einem bestimmten Abstande einhüllten.

Während der zweiten Fahrt hatten sich nur Cirruswolken in der Ferne gebildet; in 1350 *m* Höhe gab das Schleuderthermometer 21.8° und in 2160 *m* 15.8°. Die drei letzten Werte der obigen Tabelle werden als unzuverlässig zu betrachten sein, weil das Leitseil

---

[1]) Compt. rend. 1893. **117.** p. 729.

nass geworden war, und die Spannungsverhältnisse in der Nähe des Kollektors sich geändert hatten. Die Abweichungen der Einzelbeobachtungen in den verschiedenen Reihen waren bei der zweiten Fahrt nicht so gross wie bei der ersten.

Als Ergebnis der Beobachtungen entnimmt André den Zahlenwerten, dass bei schönem Wetter das elektrische Feld mit der Höhe sicherlich nicht zunimmt; vielmehr ist es wahrscheinlich, dass das Feld im gleichen Augenblicke längs derselben Vertikalen überall dasselbe ist; doch wird dieser Schluss mit grosser Reserve ausgesprochen, er soll bei weiteren Aufstiegen kontrolliert werden[1]).

Beobachtungen der normalen Luftelektrizität auf dem Sonnblick haben Elster und Geitel angestellt[2]). Bekanntlich zeigt die atmosphärische Elektrizität eine tägliche und eine jährliche Periode. Indessen hatten die genannten Beobachter schon im Juli 1890 auf dem Sonnblick und etwas früher auch Prof. Exner auf dem Schafberge eine nur geringe, kaum merkbare Veränderlichkeit während des Tages gefunden. Die Wahrnehmungen führten zu dem Schlusse, dass die negativ elektrischen Luftschichten, welche sich im Laufe eines Tages über der Tiefebene bilden und sich durch die Abnahme der Erdbodenelektrizität verraten, nicht höher als der Sonnblickgipfel liegen. Natürlich ist es unzulässig, einen Satz so allgemeinen Inhaltes auf wenige Beobachtungen zu gründen. Die Verf. benutzten daher ihren Aufenthalt auf der Sonnblickstation auch dazu, den dortigen Beobachter Peter Lechner in der Ausführung elektrischer Messungen zu unterweisen. Zum Glücke macht die stark zugespitzte Form des Sonnblickgipfels zugleich mit seiner bedeutenden Höhe die Anwendung einer besonders einfachen und doch zuverlässigen Beobachtungsmethode möglich, die in der Ebene nicht ohne umständlichen Apparat verwendbar ist. Irgend ein Leiter der Elektrizität (man gebrauchte einen aus einer Konservebüchse hergestellten Blechzylinder), der an einem isolierenden Halter auf dem Sonnblickgipfel ins Freie gehalten und für einen Augenblick durch Berührung mit der Hand oder einen in der Hand gehaltenen Draht mit der Erde in Verbindung gesetzt wird, ladet sich so stark mit der die Bergspitze bedeckenden Elektrizität, dass sein elektrischer Zustand leicht an einem einfachen, mit Skala versehenen Elektroskope gemessen werden kann. Um vergleichbare Resultate zu erlangen, kommt es nur darauf an, den Zylinder immer an dieselbe Stelle im Freien zu bringen. Man erreichte dies dadurch, dass man ihn jedesmal bis zu einer an seinem Griffe angebrachten Marke an einer verabredeten Stelle einer bestimmten Fensteröffnung horizontal aus dem Zimmer hinaushielt und in dieser Lage mit einem zur Erde abgeleiteten Drahte berührte. Dann wurde der Zylinder ins Zimmer zurückgezogen und seine

[1]) Naturw. Rundschau 1894. Nr. 2. p. 22.

[2]) Sitzungsber. d. k. k. Wiener Akademie 1893. **102.** Abt. II a. p. 1275. Zweiter Jahresbericht des Sonnblick-Vereins. Wien 1894. p. 3 u. ff.

elektrische Spannung an dem Elektroskope möglichst schnell abgelesen. Um Beobachtungsfehler einzuschränken, wurde jede Messung dreimal gemacht und aus den erhaltenen Resultaten das Mittel gebildet.

Nach diesen Vorschriften hat Peter Lechner 1890 bis 1893 an heiteren Tagen in stündlichen Intervallen von morgens 7 ^{h} bis abends 9 ^{h} beobachtet, die Gesamtzahl der Messungen beläuft sich auf etwa 2100, die sich auf 180 Tage verteilen. Das Ergebnis dieser Arbeit ist eine Bestätigung und Erweiterung des im Juli 1890 erhaltenen Resultats, dass nämlich der elektrische Zustand der Sonnblickspitze bei heiterem Himmel im Laufe des Tages, wie auch des Jahres nahezu unverändert bleibt, dass sie also vermöge ihrer Gestalt und Höhe den Einflüssen entrückt ist, die an Orten der Tiefebene die tägliche und jährliche Schwankung der Erdbodenelektrizität bewirken. Es ist das um so merkwürdiger, als die Beobachtungen bei den verschiedensten Temperaturen — von einigen Graden über dem Gefrierpunkte bis unter — 30^0 C — und bei weit auseinanderliegenden Feuchtigkeitsgehalten der Luft gewonnen sind.

Wenn dies Resultat auch an anderen Höhenstationen bestätigt wird, so kann der Elektrizitätsgehalt der Luft bei heiterem Himmel wesentlich nur in den untersten, dem Erdboden benachbarten Schichten (unter 300.0 *m* Seehöhe) veränderlich sein. Hierdurch wird die Frage, woher jene Veränderlichkeit stammt, ihrer Lösung näher gebracht. Man darf als wahrscheinlich annehmen, dass das Auftreten der negativen Elektrizität in den unteren Luftschichten eine Folge der Sonnenstrahlung ist.

Die erwähnten Beobachtungen bezogen sich auf die elektrischen Erscheinungen bei heiterem, wolkenlosem Himmel. Völlig verändert wird das Bild, sobald Regen, Schnee, Graupel- oder Hagelfälle eintreten. Man kann sich eine Vorstellung von der Art ihrer Einwirkung dadurch machen, dass man jede Wolke, aus der Niederschläge herabfallen, mit einer thätigen Elektrisiermaschine vergleicht, welche beide Arten der Elektrizität in reichlicher Menge liefert. Wie eine solche ihre ganze Umgebung in elektrischen Zustand versetzt, so sammeln sich an der Erdoberfläche unter der Wolke gewaltige Elektrizitätsmengen an, die von der wechselnden Ladung der Wolken und Niederschläge hin und her getrieben werden. An hoch hervorragenden Punkten, vor allem auf den Felszacken der Berggipfel, drängt sich die Elektrizität in besonderer Dichtigkeit zusammen, und häufig wird der elektrische Druck stark genug, um ein gewaltsames Auströmen in die Luft zu bewirken, wenn nicht etwa durch einen Blitzschlag für kurze Zeit das Gleichgewicht hergestellt ist. Diese elektrischen Ausströmungen, die mit summendem oder zischendem Geräusche in der Form rötlich-violetter, nur im Dunkeln sichtbarer Büschel erfolgen, sind unter dem Namen St. Elmsfeuer bekannt und gehören zu den gewöhnlichen Begleiterscheinungen der Niederschlagsfälle, besonders der Gewitter, auf dem Sonnblick und allen exponierten Bergspitzen.

Die positive Elektrizität entweicht dabei in Gestalt von oft fingerlangen, verästelten Büscheln unter summendem und prasselndem Geräusche, während die negative bei weit schärferem, zischendem Tone kleine, etwa 1 *cm* lange Feuerflöckchen bildet, die hin und her wimmeln und grössere Flächen mit einem, aus der Ferne betrachtet, nahezu gleichförmigen Leuchten überziehen. Oberst von Obermayer hat diese dem Physiker bekannten Unterschiede der Aufmerksamkeit der Beobachter von Elmsfeuern empfohlen und dadurch auch dem Laien ein Mittel gegeben, im Dunkeln die Art der ausströmenden Elektrizität zuverlässig zu bestimmen. Man durfte hoffen, aus zahlreichen Beobachtungen einen Zusammenhang zwischen der Natur des Elmsfeuers und der Beschaffenheit der gleichzeitig fallenden Niederschläge zu finden.

Um auch nach dieser Richtung hin die durch die Sonnblickstation gebotene Gelegenheit zu benutzen, haben Elster und Geitel den Beobachter Peter Lechner auch zu fortlaufenden Aufzeichnungen über das Auftreten von Elmsfeuern in Anspruch genommen. Da während des Tages die Lichterscheinung nicht sichtbar ist, sondern nur das Geräusch gehört wird und durch dieses allein die ausströmende Elektrizität nicht mit genügender Sicherheit zu bestimmen ist, so richteten sie ihm ein sogenanntes Bohnenberger'sches Elektroskop ein, an dem durch die Bewegung eines Blättchens aus Aluminiumfolie leicht festgestellt werden kann, mit welcher Elektrizität man zu thun hat. Zugleich liessen sie zu jeder Beobachtung eine Bemerkung über die Beschaffenheit des Niederschlages (ob aus Graupeln, Hagel, Schnee oder Regen bestehend) hinzufügen.

Aus diesen Aufzeichnungen, die 35 Fälle von Elmsfeuern, zum Teile von einer Dauer von über 12 Stunden behandeln, hat sich das bemerkenswerte Resultat ergeben, dass, wenn Schnee in grossen Flocken fällt, das Elmsfeuer fast durchgehends der positiven Elektrizität, wenn er dagegen von staubiger Beschaffenheit ist, der negativen angehört.

Eigentümliche Blitzerscheinung. Ein Beobachter in Marienburg teilte dem kgl. meteorologischen Institute in Berlin folgende interessante Beobachtung mit:

Am 31. August, einem äusserst schwülen Tage, standen in den Morgenstunden drei getrennte Gewitter am Himmel, eines in der Gegend von Danzig, ein zweites bei Dirschau und ein drittes in der Nähe von Elbing; der Donner war wegen der beträchtlichen Entfernung des Beobachters, welcher sich zwischen Marienburg und Neuteich befand, nur schwach zu hören. Gegen 8 Uhr bemerkte Herr Lübke kurz vor Neuteich, wie kaum 10 *m* von der Chaussee entfernt auf einem abgeernteten Getreidestoppelfelde ein anscheinend 4—5 *m* langer Blitz aus der Erde sprang; derselbe wurde von der Herrn L. begleitenden Tochter ebenfalls wahrgenommen, ebenso ein kurz darauf erfolgender ganz ähnlicher Blitz. Der Hintergrund

dieser beiden Erscheinungen war der Horizont gewesen, so dass der Beobachter meinte, sich in der Schätzung der Entfernung getäuscht zu haben, und glaubte, sie für ferne, am Horizonte aufsteigende Blitze halten zu sollen.

Unterdessen war man einer Windmühle bis auf 20 *m* nahe gekommen, als ein dritter, ganz ähnlicher Blitz aufsprang, dessen Hintergrund ganz deutlich die Windmühle bildete. Es konnte daher kein Zweifel mehr obwalten, dass in der That die Erscheinungen in kurzer Entfernung von dem Beobachter aus dem Erdboden gekommen waren. Die Blitze waren von einem schwachen Geräusche begleitet, ähnlich dem, welches entsteht, wenn man in ein Holzfeuer bläst; bei der vollkommenen Ruhe der Atmosphäre war dasselbe deutlich zu hören. Die Farbe der Lichterscheinungen war eine fahlgelbe, keineswegs von blendender Stärke, wie sie elektrischen Funken eigentümlich ist. Die Dicke derselben schätzt der Beobachter auf etwa 5 *cm*, ihre Länge ging nicht über 5 *m* hinaus.

Eine elektrische Erscheinung auf dem Matterhorn beschreibt Walter Larden[1]).

»Am 10. Juli,« berichtet er, »war ich auf dem Matterhorn bei ziemlich zweifelhaftem Wetter. Wolken und Nebel stiegen von Italien her empor und bedeckten allmählich die Berge rings um das Matterhorn. Wir hatten mitunter etwas Schnee, noch vor Mittag und während des Abstieges schneite es ganz gemütlich. Es mochte wohl halb vier oder vielleicht auch vier Uhr nachmittags gewesen sein, da begann das Singen der Eispickel, der Felsen u. s. w., und zuweilen blitzte es auch.

Plötzlich schlug ein Blitz, augenscheinlich nicht weit von uns, ein, denn der Donner folgte fast momentan mit einem lauten Krache. Vor dem Donner und gleichzeitig mit dem Blitze vernahm man ein Krachen, einen Ton, als ob etwas gespalten oder gebrochen würde, und dabei hörte man einen »Patsch« auf dem Felsen. Das Geräusch ist schwer zu beschreiben, und ein richtiges Wort dafür kaum zu finden. Dieses Geräusch ging dem Donner voraus, es war scharf und doch auch wieder schwach. Ich denke, dass ich allein es hörte, weil ich an der betreffenden Stelle stand.

Später kam ein anderer Blitz. Hierbei hörte ich keinen »Patsch« an dem Felsen; aber augenscheinlich mit dem Blitze und vor dem Donnerschlage kam ein leises, knisterndes und krachendes Geräusch, man möchte fast sagen der »Geist« eines Donners. Es erinnerte mich an das Geräusch, das man bei Neuschnee hört, wenn eine leichte Kruste darüber ist, und der Fuss einbricht. Diesmal verspürte ich eine leichte Erschütterung im Kopfe. Ein dritter Blitz gab denselben Ton wie der zweite; aber keiner der anderen erschien so deutlich, und das Geräusch hörte ich nicht wieder.

---

[1]) Nature **48.** p. 316. Meteorologische Zeitschrift 1894. p. 28.

Es war schon dunkel, als wir die untere Hütte erreichten, und das Elmsfeuer, das von unseren Fingern, wenn wir dieselben emporhielten, von den Pickeln, Hüten, Haaren u. s. w. ausströmte, war ganz prachtvoll. Zahlreiche Flämmchen sassen auch auf den Felsspitzen auf, die von dem schmelzenden Schnee ganz nass waren.

Andere Leute, die denselben Tag auf dem Gorner Grate waren, erzählten mir, ehe ich ihnen noch meine Erfahrungen mitgeteilt hatte, dass das Blitzen mit einem »patschenden« Geräusche an den Felsen verbunden war. Sie sagten auch, dass jene, welche Filzhüte trugen, Erschütterungen verspürt hätten, dagegen jene, welche Strohhüte hatten, nicht. Alle Hüte waren aber nass.«

Gewitterstudien auf Grund von Ballonfahrten; von Leonhard Sohncke[1]). Verf. hat vor etwa zehn Jahren die Hypothese aufgestellt, dass die Gewitterelektrizität durch Reibung von Eis- und Wasserteilchen in den höheren Schichten der Atmosphäre entstehe. Um das wirkliche Vorhandensein solcher Eis- und Wasserteilchen in den oberen Luftregionen nachzuweisen, hat Sohncke Ballonbeobachtungen bei gewitterhaftem Wetter geprüft. Zunächst sind es die Beobachtungen am 19. Juni 1889, die herbeigezogen werden, denn von jenem Tage sind die Witterungsverhältnisse so genau bekannt wie von keinem anderen Gewittertage. Denn damals fanden Ballonfahrten zu meteorologischen Zwecken in München, Berlin und Hamburg statt, und auf dem Säntis, Sonnblicke und Wendelsteine sowie an mehr als 100 anderen Stationen wurden stündliche Aufzeichnungen gemacht. Die vertikale Temperaturverteilung ergab einen zweifellos labilen Gleichgewichtszustand der Luft, so dass aufsteigende Luftströme entstehen mussten und wirklich entstanden, so dass Eis- und Wasserwolken in Berührung gekommen sind. Die Isothermenfläche von 0° lag gegen 10 Uhr vormittags bei München in etwa 3300 *m* Meereshöhe, in der Gegend von Berlin 1000 *m* tiefer. Im Voralpengebiete lag gleichzeitig die untere Wolkengrenze in etwa 1600 *m* Meereshöhe, und bei einer Mächtigkeit von mindestens 1000 *m* reichten die oberen Teile der Wolken bis zu 2600 *m* hinauf. Da der Aufstieg bis über den Mittag dauerte, waren die Luftmassen schon vorher bis zur Eisregion vorgedrungen, und nun kamen wirklich Gewitter zum Ausbruche, in den Alpen schon zum Teile um Mittag, im Flachlande in den Nachmittagsstunden von 4—6 Uhr und später. Die atmosphärischen Verhältnisse an jenem Tage waren also wirklich solche, wie die Hypothese Sohncke's erfordert: Wasser- und Eisteilchen in einer heftig bewegten Luftregion, ungewöhnlich rasche Temperaturabnahme in senkrechter Richtung und sehr niedrige Lage der Isothermenfläche von 0°. Bei acht anderen Luftfahrten an Gewittertagen, welche Verf. untersuchte, fanden sich ähnliche Verhältnisse vor.

---

[1]) Abhandlg. d. k. bayrischen Ak. d. W. **18**. 3. Abtlg. München 1894.

Die geographische Verteilung der Gewitter. Auf Grund seiner reichen Zusammenstellungen über die monatliche und jährliche Häufigkeit der Gewitter[1]) hat Prof. A. Klossovsky eine Karte der geographischen Verteilung der Gewitter auf der Erde entworfen (Tafel V)[2]), in welcher durch verschiedene Farbentöne des Rot und Schwarz die mittlere jährliche Zahl der Gewitter unterschieden ist, gemäss der beigefügten Skala. Spätere Beobachtungen werden diesen ersten Versuch zu einer solchen Darstellung, der infolge der geringen Zahl von Beobachtungsorten notwendig sehr unvollkommen sein muss, verbessern.

»Ich habe bereits früher hervorgehoben,« bemerkt Professor Klossovsky, »dass hohe Temperatur, ein gewisser Grad von Feuchtigkeit und beträchtliche atmosphärische Niederschläge diejenigen Agenzien sind, welche die elektrischen Entladungen begünstigen. Nur die Kombination dieser Elemente vermag die Eigentümlichkeiten in der Verteilung der Gewitterhäufigkeit nach Raum und Zeit zu erklären. So werden z. B. die reichlichen Niederschläge in der Umgebung der Ostsee und der europäischen Nordwestküste durch die wenig hohen Temperaturen daselbst paralysiert, anderseits sind es die hohen Temperaturen im Vereine mit starken Niederschlägen an der Küste des Schwarzen und Adriatischen Meeres, welche zu der merkwürdigen Häufigkeit der Gewitter in Poti, Dakhovsby und Janina führen. Dass die atmosphärischen Niederschläge, die Temperatur und die Gewitter eng mit einander verknüpft sind, erkennt man nicht nur in der geographischen Verteilung der Gewitter, sondern auch in der jährlichen und täglichen Periode derselben.«

Über Klassifikation der Gewitter und die Ursachen der Gewitterbildung hat Prof. K. Prohaska Bemerkungen veröffentlicht[3]). Dieselben gründen sich teils auf direkte eigene Beobachtungen, teils auf die Ergebnisse aus den Meldungen der Gewitterberichterstatter innerhalb des ostalpinen Beobachtungsnetzes, welches Verf. seit 1885 organisiert hat.

Das Studium der Gewitter Skandinaviens führte Mohn zur Unterscheidung zweier Klassen von Gewittern, die er als Wärme- und Wirbelgewitter bezeichnete. Wiewohl man sich der Schwierigkeit ihrer Anwendung auf den Einzelfall bewusst ist, hält man noch gegenwärtig an dieser Unterscheidung fest. In letzterer Zeit fand sich v. Bezold durch das Studium der Thermodynamik der Atmosphäre veranlasst, diese beiden Klassen von Gewittern schärfer abzugrenzen.

Da jegliche Gewitterbildung einen aufsteigenden Luftstrom zur Voraussetzung hat, so geht man, nach Ansicht des Verf., bei der

---

[1]) Klein, Jahrbuch **4.** p. 319 u. ff.

[2]) Distribution anuelle des orages. Odessa 1894.

[3]) Jahresbericht des k. k. Ersten Staatsgymnasiums in Graz 1894. p. 19 u. ff.

Einteilung der Gewitter am zweckmässigsten von allen jenen an der Erdoberfläche und in der Lufthülle bestehenden Verhältnissen und Zuständen aus, welche eine vertikale Luftzirkulation einzuleiten oder zu unterhalten vermögen. »Wenn wir von den mit der Kraft einer Explosion emporgetriebenen Dampfmassen absehen, welche bei vulkanischen Eruptionen dem Krater entströmen und die Veranlassung zur Entwickelung der vulkanischen Gewitter geben, so erscheinen alle übrigen Ursachen der Gewitterbildung in letzter Linie als ein Effekt der Sonnenwärme. Direkt von der Bestrahlung abhängig sind: a. der labile Gleichgewichtszustand in den unteren Luftschichten im allgemeinen, b. der lokale Einfluss der Bodenerhebungen; indirekt die durch horizontale Luftdruckunterschiede hervorgerufenen Strömungen, welche zur Gewitterbildung führen a. in deutlich ausgeprägten, mehr oder weniger kreisförmig umgrenzten Luftwirbeln; b. an der mehr geradlinig verlaufenden Grenze von Gebieten hohen und tiefen Barometerstandes; c. an den ihrer Richtung sich entgegenstellenden Gebirgszügen und Erhebungsmassen.

Die hier durchgeführte Scheidung der Ursachen der Gewitterbildung in zwei Hauptklassen deckt sich mit der früher erwähnten Gegenüberstellung der Wärme- und Wirbelgewitter, sofern man die grossen sommerlichen Frontgewitter, die, von einer heftigen Gewitterböe begleitet, in Form eines langen, schmalen Bandes senkrecht zu dessen Längsrichtung sich ostwärts fortpflanzen, letzterer Klasse beizählt. v. Bezold bezeichnet jedoch die Frontgewitter geradezu als die typischen Wärmegewitter, welche die Art ihres Auftretens dann am reinsten zeigen, wenn die allgemeine Luftbewegung ganz ausser Spiele bleibt, und dadurch zustande kommen, dass sich auf einer nahezu meridionalen, meist von NNW nach SSO gerichteten Linie nahezu gleichzeitig labiles Gleichgewicht ausgebildet hat. Auch die Fortpflanzung dieser Gewitter gegen Osten sei eine Folge der thermischen Verhältnisse und erfordere nicht die Mitwirkung der entsprechenden Luftströmungen.«

Mehrere Gründe machen es dem Verf. unmöglich, dieser Anschauung beizupflichten. Zunächst glaubt er, dass der labile Gleichgewichtszustand über ebenen, homogenen Flächen überhaupt nur selten erreicht werden dürfte, und dass selbst in solchen Fällen in der Regel ein anderer Faktor an der Entwickelung und Fortpflanzung der Gewitterfront primär beteiligt ist, nämlich der an der Grenze eines Tief- und Hochdruckgewitters in den untersten Luftschichten ostwärts vordringende kalte Luftstrom. Auch vermag er nicht einzusehen, warum, wenn der »störende« Einfluss der allgemeinen Luftbewegung fehlt, sich die Gewitterfront immer nach Osten fortpflanzen sollte.

»Das Studium unserer Gewitter,« fährt Prof. Prohaska fort, »hat mich sehr häufig dazu geführt, die vertikale Temperaturabnahme vor deren Ausbruche zu bestimmen. Insbesondere in den letzten

Jahren liess ich keinen bemerkenswerten Fall ungeprüft, aber niemals war die Temperaturabnahme pro 100 *m* Erhebung gleich 1°, noch viel weniger aber grösser als dieser Betrag. Die Temperaturabnahme mit der Höhe wird in erster Linie durch dynamische Vorgänge, d. h. durch die vertikale Zirkulation der Luft bestimmt und nicht umgekehrt letztere durch die Temperaturabnahme. Schliesst man aber dynamische Vorgänge aus, so bleibt als Ursache für die Entwickelung des labilen Gleichgewichtszustandes kaum eine andere Annahme übrig, als die Überhitzung der untersten Luftschichten. Der labile Gleichgewichtszustand muss daher, da durch die Insolation zuerst die untersten und erst später durch diese die oberen Luftschichten erwärmt werden, immer in der ersten Hälfte einer Wärmeperiode, also im täglichen Gange vor Mittag, innerhalb einer mehrtägigen Wärmeperiode an den ersteren Tagen derselben, im jährlichen Gange vor der Sonnenwende am häufigsten sein. Nun tritt aber das Maximum der Gewitterfrequenz erst bei abnehmender Wärme zwischen 3 und 5^h p., in gleicher Weise innerhalb einer Wärmeperiode gegen ihr Ende und auch im Jahresverlaufe im allgemeinen erst im Juli ein. Die Grösse der vertikalen Temperaturabnahme und der Gewitterhäufigkeit zeigen also keinen parallelen Gang.

Der Vergleich der Temperaturbeobachtungen am Sonnblicke mit jenen der Thalstationen hat mir ergeben, dass im Frühsommer zu Beginn einer Wärmeperiode bei ruhigem Wetter in der That die Temperaturabnahme von 1° pro 100 *m* überschritten werden kann. Solche Tage zählen aber zu den Ausnahmefällen, während die jährliche Zahl der Gewittertage eine sehr grosse ist.

Die Thatsache nun, dass die Tage, an welchen der seltene Fall des labilen Gleichgewichtszustandes über Salzburg und Kärnten bestand, trotzdem vollkommen gewitterfrei, ja zumeist wolkenlos verliefen, scheint mir ein gewichtiges Argument für die Behauptung zu sein, dass die Bedeutung des labilen Gleichgewichtszustandes für die Gewitterbildung überschätzt wird.

Es ist ferner zu beachten, dass das labile Gleichgewicht im Verlaufe des Tages im allgemeinen im Osten früher als im Westen erreicht wird, oder, mit anderen Worten, dass es mit der Sonne westwärts fortschreitet. Soll also dasselbe für die Entwickelung und Fortpflanzung der typischen Wärmegewitter massgebend sein, so müsste mit ihm auch der Gewitterprozess im Osten beginnen und von dort gegen Westen weiterschreiten. Hat sich an irgend einer nordsüdlich verlaufenden Linie infolge einer entsprechend grossen, vertikalen Temperaturabnahme eine Gewitterfront entwickelt, so müsste sich dieselbe, da gegen Osten hin die vertikale Temperaturverminderung bereits wieder in Abnahme begriffen ist, gegen Westen hin aber der labile Gleichgewichtszustand sich ausbreitet, und zwar bedeutend schneller, als es die mittlere Geschwindigkeit der Gewitterzüge erfordert, im allgemeinen gegen Westen und nicht gegen

Osten fortpflanzen. Hierzu kommt bei Gewitterzügen, die am Nachmittage ihre Entstehung nehmen, noch der Umstand, dass der Schatten der Gewitterwolken gegen Osten fällt, wodurch auf letzterer Seite der weiteren Überhitzung Einhalt gethan wird.

Aber auch die Art des Auftretens der kleineren, nicht durch tiefere Depressionen veranlassten Sommergewitter mit deutlich ausgeprägter Zugrichtung spricht gegen ihre Auffassung als reine Wärmegewitter. Abgesehen davon, dass das nächtliche Gewittermaximum vorwiegend durch solche Gewitter zustande kommt, ist für dieselben ihre Wiederholung auf einer und derselben Strecke eine sehr charakteristische Erscheinung, welche die Aufeinanderfolge der Cyklonen auf derselben Zugstrasse in Erinnerung bringt. Schon C. Ferrari hat darauf hingewiesen; mit besonderem Nachdrucke wurde insbesondere in den Gewitterstudien der königlich bayerischen Zentralstation diese Thatsache verzeichnet und namentlich hervorgehoben, dass in Süddeutschland jedem Hagelzuge stets ein zweites Gewitter nachfolgt. Auch in unserem Beobachtungsgebiete gilt letzteres als die Regel.

Im Gegensatze zu jenen Wärmegewittern, deren Entstehung und Fortpflanzung auf den labilen Gleichgewichtszustand zurückzuführen sein dürfte, sind jene Gewitter, welche der Gruppe b derselben Klasse angehören, in den Alpenländern recht zahlreich. Die Bodenerhebungen wirken, da Luft mit Bodenunterlage stets wärmer ist, als solche in gleicher Höhe ohne dieselbe, gewissermassen als Wärmezentren; die Luft über denselben gerät infolge des Auftriebes der wärmeren Luft in steigende Bewegung. Hierzu kommt noch der Umstand, dass, wie Billwiller zuerst gezeigt hat, wegen der allgemeinen Ausdehnung der Luft durch die Bestrahlung ein Gradient gegen die Böschungen der Berge erzeugt wird, so dass also bei der Bildung der lokalen Gebirgsgewitter eine direkt aufsteigende und eine horizontale, gegen den Bergabhang gerichtete Kraft in Wirksamkeit treten.

Die mit a bezeichnete Gruppe von Wirbelgewittern, die im zentralen Teile tieferer Depressionen auftreten und von diesem auch hinsichtlich der Fortpflanzungsrichtung und Geschwindigkeit abhängig sind, fehlt den Alpenprovinzen fast vollständig, denn diese liegen deren Zugstrassen zu ferne. Um das Zentrum jener Depressionen, welche der Zugstrasse V b angehören, wehen in der Regel nur schwache cyklonale Luftströmungen; sie sind daher seltener von Wirbelgewittern dieser Art begleitet.

Die grösste Zahl unserer Gewitter gehört dem Typus b der Wirbelgewitter an; sie entstehen sowohl an der Rückseite von Teildepressionen und meridionalen Tiefdruckrinnen, als auch an der Vorderseite eines ostwärts vordringenden Luftdruckmaximums und zeigen häufig die Form eines langgestreckten Bandes. Ihre vorherrschend westöstliche Fortpflanzungsrichtung folgt den allgemeinen, ebenfalls von Westen gegen Osten fortschreitenden Witterungsänderungen und ist im wesentlichen eine Folge der allgemeinen

atmosphärischen Zirkulation. Während bei den Wirbelgewittern der ersteren Art die Entstehung der Gewitter mit dem radialen Einströmen der Luft gegen das Zentrum des Luftwirbels im Zusammenhange steht, treten im Falle b die Gewitter an der Stirnseite des ostwärts vordringenden kalten Luftstromes, der Gewitterböe, auf. Derselbe schiebt sich als ein sehr flacher Keil unter die östlich vorgelagerte Luft, zwingt dieselbe aufzusteigen und erzeugt auf diese Weise das Gewitter. Ich habe mit Hilfe der ziemlich zahlreichen und auf verschiedene Höhenlagen verteilten österreichischen Gipfelstationen mehrmals den Nachweis erbracht, dass dieser Luftstrom in den untersten Lagen beginnt, in geringer Höhe die grösste Stärke und erst allmählich eine grössere vertikale Mächtigkeit erreicht. Die Gewitterböe nur als eine Folge des Gewitters aufzufassen, ist verkehrt; die Böe ist die primäre, die Böenwolke die Folgeerscheinung, denn es giebt Böen ohne atmosphärische Niederschläge; allerdings werden sie durch letztere verstärkt. In Mittelsteiermark setzen solche Sturmstösse aus NW bei schnell ansteigendem Barometer bisweilen ohne Niederschläge ein; das Gewölk verdichtet sich aber rasch, und auf seinem weiteren Wege gegen SO kommt es, wie die Gewittermeldungen bezeugen, doch zur Entwickelung eines Gewitters. Nur wenn die Luft sehr trocken ist, unterbleibt die letztere [1]). — Hann hat wiederholt darauf hingewiesen, dass jeder Vorstoss eines über Südwest- oder Westeuropa lagernden Druckmaximums längs der Nordseite der Alpen im Sommer von einem Gewitterzuge begleitet wird.

Die Annahme, dass die Gewitterböe durch absteigende Luftmassen von sehr grosser Geschwindigkeit verstärkt wird, findet in den Beobachtungen der Hochstationen keine Bestätigung, im Gegenteile, die Luftströmung besitzt bei Gewittern an Thalstationen häufig eine bedeutend grössere Geschwindigkeit als in der Höhe. Auch die durch die Temperaturverhältnisse bedingte Abnahme der relativen Luftdruckdifferenzen mit zunehmender Höhe spricht dagegen. — Durch die Gewitterböe vollzieht sich eben häufig nur ein Ausgleich der bloss in den untersten Luftschichten bestehenden horizontalen Druckunterschiede. Das sie begleitende Gewitter ist die Folge der hierdurch bedingten Störung des vertikalen Gleichgewichtszustandes.

Die tiefe Temperatur, mit welcher diese Ausläufer des im Westen gelegenen Hochdruckgebietes in der Regel verknüpft sind, hat zur Folge, dass in solchen Fällen die obere Verteilung des Luftdruckes von der unteren oft beträchtlich abweicht, ja bisweilen ihr ganz entgegengesetzt werden kann. Letzteres tritt insbesondere dann ein, wenn gleichzeitig über dem Südfusse der Alpen eine Depression vorhanden ist. Die Luft folgt dann in einer Höhe von etwa 1500

[1]) Selbst der durch seine Trockenheit berüchtigte kalte texanische Norther erzeugt bei seinem Einsetzen finsteres Gewölk, aus dem mitunter Güsse niedergehen. Vgl. Das Wetter, 1894. p. 43.

bis 2000 *m* aufwärts dem oberen Gradienten und fliesst schräge zum anschwellenden nordwestlichen Unterstrome über diesen gegen N oder NO. Der oberen Strömung aber folgen auch die Gewitter; sie ziehen in ununterbrochener Folge aus SSW herauf.

Wie zwischen sekundären und Hauptdepressionen überhaupt, bestehen auch zwischen den sie begleitenden Gewittern nur graduelle Verschiedenheiten. Auch die letztere Art der Wirbelgewitter tritt in der Regel dann ein, wenn der SW in NW umspringt, und das Barometer zu steigen beginnt, wenn also der erste Stoss kalter Luft einen kräftigen Impuls zum Aufsteigen der Luftmassen giebt, eine Thatsache, die in neueren meteorologischen Werken in der Regel vollkommen übersehen wird.

In die Kategorie der Wirbelgewitter stellt Verf. auch jene Gewitter, welche unter Mitwirkung eines lebhaften cyklonalen Luftstromes dadurch zustande kommen, dass dessen Luftmassen an den sich demselben entgegenstellenden Gebirgen emporgehoben und hierdurch starke Niederschläge veranlasst werden. Letztere bleiben z. B. in den Südalpen selten ohne elektrische Entladungen; es giebt dann ein Gewitter ohne eigentliche, geballte Gewitterwolken, und während das Gewölke mit dem Luftstrome rasch weiter zieht, bleibt das Gewitter immer so ziemlich an derselben Stelle, über demselben Gebirgsstocke oder zwischen jenen Bergketten, wo die durch die Terrainverhältnisse verursachte aufsteigende Bewegung der Luftmassen und mit ihr die Kondensation am lebhaftesten von statten gehen. In der täglichen Periode dieser Gewitter fehlt das Hauptmaximum am Nachmittage.

Gewitter und Mond. E. Renru kommt auf Grund der Aufzeichnungen im Parc Saint-Maur zu dem (wohl ziemlich zweifelhaften) Ergebnis, dass die Gewitter bei nördlicher Deklination häufiger sind als bei südlicher [1]).

A. Barrey glaubt zu finden, dass ein Maximum der Gewitter beim Neumonde, ein zweites beim ersten Viertel eintrete [2]).

Der Einfluss des Mondes auf den elektrischen Zustand der Erde. Von N. Eckholm und S. Arrhenius ist der Versuch, einen solchen Einfluss nachzuweisen, angestellt worden [3]). Sie setzen eine negative Ladung der Erde voraus und bemühen sich nun, die Einwirkung des gleichfalls negativ geladenen Mondes auf das elektrische Potentialgefälle an der Erdoberfläche darzuthun. Unter Voraussetzung einer negativen Mondladung muss bei zunehmender Zenithdistanz des Mondes das Potentialgefälle an der Erde grösser werden. Als Beobachtungsmaterial für die Untersuchung dienten stündliche Messungen 1882 und 1883 am Kap Thordson, Beobachtungen der

[1]) Compt. rend. **118.** p. 140.
[2]) a. a. O. p. 306.
[3]) Bih. t. k. Svenska Vet. Akad. Handlingar **19.** Afd. 1. p. 8.

französischen Expedition in den nämlichen Jahren am Kap Horn und Beobachtungen zu Helsingfors 1890 und 1891. Nachdem aus diesen Beobachtungen in geeigneter Weise Mittelwerte für von 5° zu 5° fortschreitende Zenithdistanzen des Mondes gebildet worden, zeigte sich in der That eine wechselnde Zunahme des Potentialgefälles, vor allem an heiteren Tagen. Trübung, Feuchtigkeit und Staubgehalt der Atmosphäre verwischen den Mondeinfluss. Ein Versuch, das Verhältnis der Mondladung zur Erdladung zu berechnen, ergab, dass erstere 1205 mal grösser wie letztere sein würde, ein Ergebnis, dessen wahrscheinlicher Fehler auf nur etwa 10 % geschätzt wird. Hiernach würde also der Mondladung eine fast 16000 mal grössere Dichte, wie solche die Erde besitzt, zukommen, ein Ergebnis, welches erst durch weitere Beobachtungen bestätigt werden müsste, um allenfalls als wahrscheinlich gelten zu können.

Nordlichtbeobachtungen zu Godthaab. Während der Zeit von Mitte August 1882 bis Ende August 1883 wurde von der dänischen Expedition, welche sich an den internationalen Polarbeobachtungen beteiligte, den Nordlichtern spezielle Aufmerksamkeit gewidmet. Die Ergebnisse der bezüglichen Beobachtungen liegen jetzt vor [1]). Im ganzen wurden 261 Nordlichtbogen, 37 Draperien, 160 Strahlen und 284 schwächere Nordlichterscheinungen aufgezeichnet. Die Beobachtungen geschahen regelmässig stündlich, an den magnetischen Termintagen sogar aller 5 Minuten. Die Nordlichter hatten in den Monaten September bis März folgende Lage gegen die Weltgegenden: N 20 mal, NO 31 mal, O 39 mal, SO 108 mal, S 41 mal, SW 34 mal, W 18 mal, NW 12 mal. Das Maximum der Häufigkeit fällt also auf das Azimut 0.46° S. In Kinguafjord ist diese Lage S 35° O, in Nain N 2° O. Zahlreiche Versuche wurden gemacht, die Höhen von Nordlichterscheinungen zu bestimmen. Die Messungen an den Endpunkten einer Basis von 1247.8 *m* Länge ergaben in 22 Fällen zuverlässige Resultate, darunter einmal eine Höhe von nur 600 *m*, 13 mal Höhen zwischen 1 und 10 *km*; 5 mal solche zwischen 10 und 50 *km*, 2 mal Höhen über 50 *km*. Einmal wurde ein Nordlicht unterhalb des Gipfels eines 6 *km* entfernten Berges von 1000 *m* Höhe gesehen. Auch über die Bewegung einzelner Teile von Nordlichterscheinungen wurden Beobachtungen angestellt; es ergab sich in einem Falle eine Höhenveränderung von 11.3 *km* in 30 Minuten, während die horizontale Ortsveränderung mehrfach 40—50 *m* in der Sekunde betrug Was die jährliche Verteilung betrifft, so fällt das Maximum an der grönländischen Westküste nahezu auf die Mitte Dezember (Wintersolstitium), das tägliche Maximum auf 9^h abends. Auch eine grosse Periode ist in den (langjährigen) grönländischen Beobachtungen zu

[1]) Observations internationales Polaires 1882—83. Expedition Danoise. Observ. faites à Godthaab. 1. Livr. 1. Kopenhagen 1893.

Ivigtut und Jakobshaven angezeigt mit einem Maximum zur Zeit des Sonnenfleckenminimums und einem Minimum zur Zeit der Fleckenmaxima. Periodische Schwankungen der Nordlichtzone treten nicht klar hervor, vielleicht ist zu Zeiten, wenn die Nordlichter in südlichen Breiten intensiver auftreten, die Erscheinung in den grönländischen Gegenden schwächer.

Die Höhe des grossen Nordlichtes vom 15. Juli 1893 ist von Arthur Harvey bestimmt worden [1]). Während der Erscheinung rollte sich ein Bogen des Polarlichtes von Norden her auf und ging durch das Zenith von Toronto, den Himmel von West nach Ost umspannend; seine nahezu gleichmässige Breite betrug 5° bis 7°. Nachdem der Bogen mehrere Minuten gedauert, wurde seine Kontinuität im Osten unterbrochen, er schwankte im Zenith hin und her und verschwand bald. Denselben Bogen sah G. E. Lumsden aufschiessen und in gleicher Weise verschwinden zu Bala, 110 englische Meilen nördlich von Toronto, wo der Bogen auf dem Sternbilde des Adlers etwa 5° nördlich vom Himmelsäquator oder 40° südlich vom Zenith erschien. Da er in Toronto etwa 10° südlich vom Zenith gesehen worden war, berechnet sich hieraus die Höhe des Polarbogens zu 166 englischen Meilen (265.6 *km*) und seine Breite zu 15 Meilen (24 *km*).

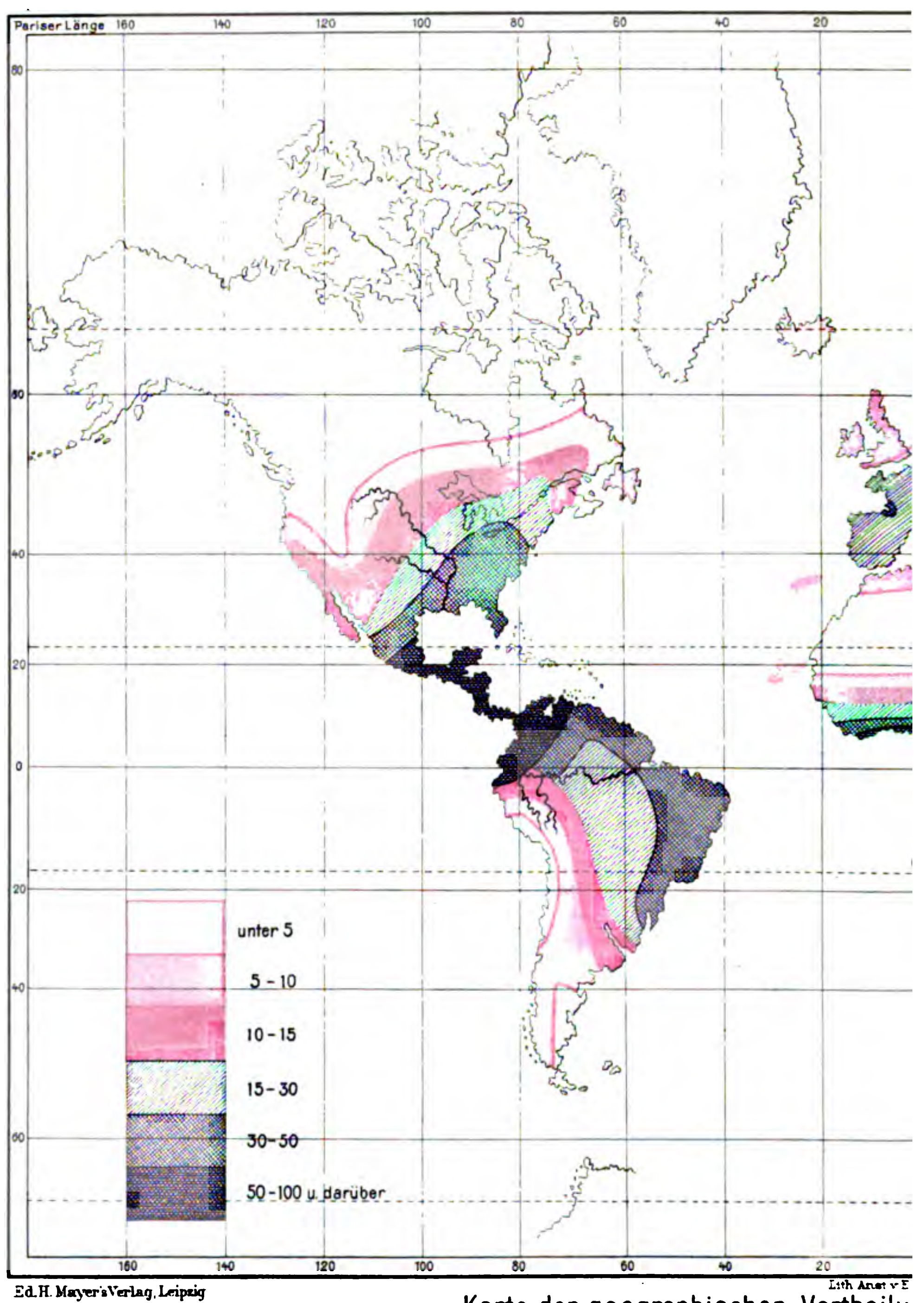
20. Optische Erscheinungen der Erdatmosphäre.

Messungen der Intensität des zerstreuten Tageslichtes hat Leonhard Weber zu Kiel 1890—1892 ausgeführt [2]) und damit ein neues Gebiet der meteorologischen Beobachtung erschlossen. Sein Verfahren bestand in Vergleichung der Helligkeit einer vom ganzen Himmelsgewölbe beleuchteten, horizontalen Milchglasplatte mit der Helligkeit einer von der Hefner-Alteneck'schen Normalkerze belichteten Milchglasplatte. Die eine Hälfte des Gesichtsfeldes wurde von dem Milchglase im Tageslichte, die andere von dem durch die Normalkerze beschienenen erleuchtet, und entweder der Abstand der letzteren geändert oder die Helligkeit durch Zwischenschalten von anderen absorbierenden Gläsern so lange geschwächt, bis beide Hälften gleich hell erschienen. Schwierigkeiten bei diesen Vergleichungen bildet der Umstand, dass die chromatische Zusammensetzung der beiden mit einander verglichenen Lichtquellen verschieden ist. Prof. Weber hat praktisch dieser Schwierigkeit zunächst ausreichend genaue Rechnung getragen durch Vorschaltung eines roten, bezw. eines grünen, gut definierten Glases vor das Auge. Dabei hat er also einmal die roten, durch ein bestimmtes Glas hindurchgehenden Strahlen des diffusen, auf eine horizontale Fläche

---

[1]) Nature 1894. **49.** p. 542.

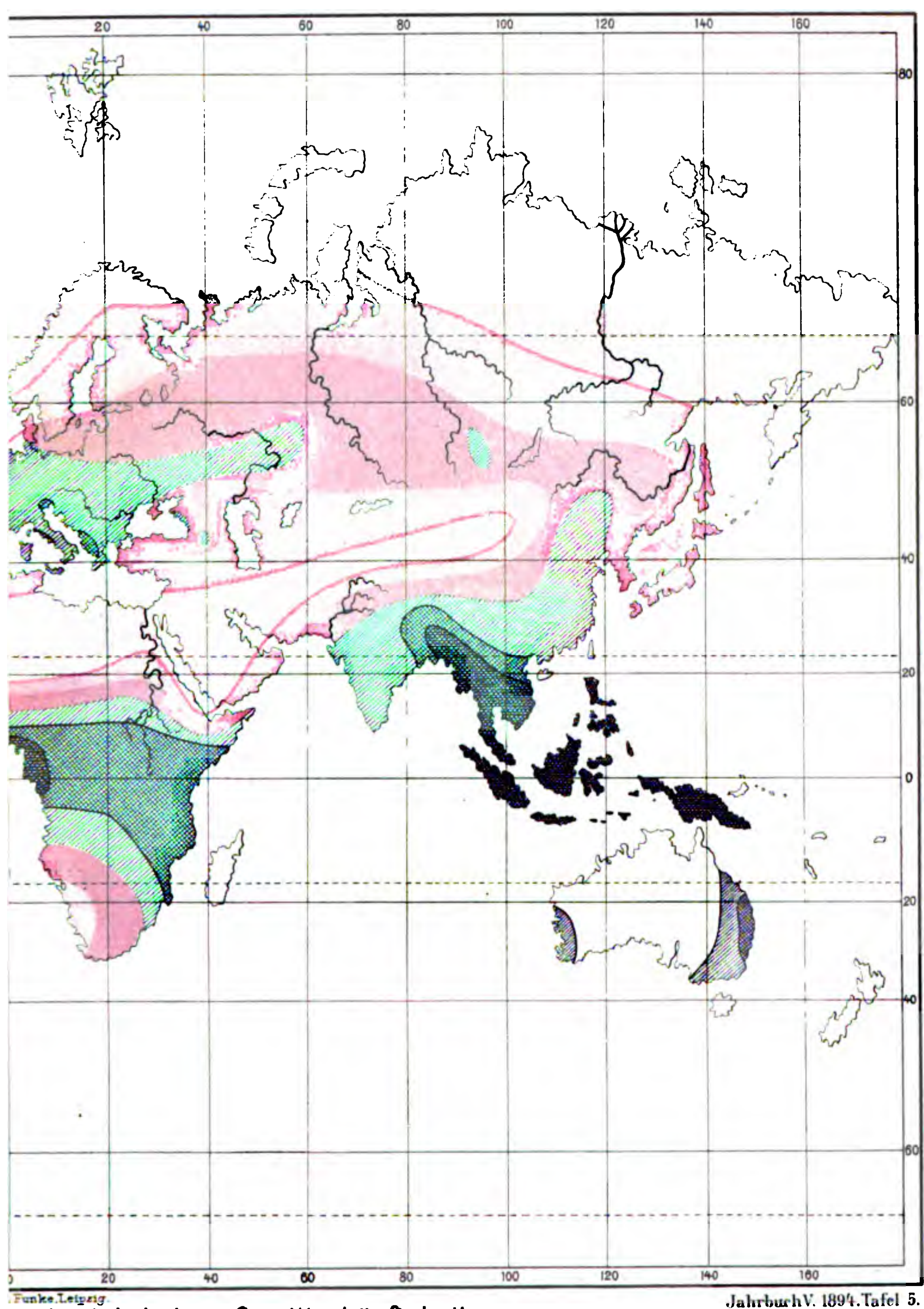
[2]) Schriften des naturw. Vereins für Schleswig-Holstein 1893. **10.** p. 77.



Ed. H. Mayer's Verlag, Leipzig

Karte der geographischen Vertheilu

von Prof. A



Funke.Leipzig.

Jahrbuch V. 1894. Tafel 5.

ıg der jährlichen Gewitterhäufigkeit

Klossovsky.

fallenden Tageslichtes gemessen durch die Anzahl von Normalkerzen, welche in 1 *m* Abstand bei senkrechter Inzidenz gleichfalls durch dasselbe spezielle rote Glas die gleiche Menge roten Lichtes auf die horizontale Fläche werfen; und dann die gleiche Messung für ein spezielles grünes Glas ausgeführt. Er erhielt so die in angegebener Weise präzisierten roten und grünen Helligkeiten des Tageslichtes um 12^h mittags, welche er als die rote und die grüne Ortshelligkeit in die Reihe der meteorologischen Beobachtungen einführt. Wegen der oft sehr schnell vor sich gehenden Helligkeitsänderungen wurden regelmässig in schneller Aufeinanderfolge drei Bestimmungen ausgeführt, und zwar wurde erst das rote Licht, dann das grüne und dann wieder das rote gemessen; das Mittel aus den beiden Messungen des roten Lichtes wurde als dem grünen vergleichbar betrachtet. An stärkeren Regentagen und bei Schneegestöber wurden die Messungen in einem geeigneten Zimmer unter Berücksichtigung der wegen der beschränkten Exposition erforderlichen Korrekturen ausgeführt, sonst durch eine Öffnung an der höchsten Stelle des flachen Daches.

Die einzelnen Beobachtungen zeigen grosse Abweichungen von einander, und erst die dreijährigen Monatsmittel der Helligkeit lassen einen in etwas regelmässigeren Verlauf erkennen. Die nachstehende Tabelle giebt die dreijährigen monatlichen Mittel der Ortshelligkeit für die roten *(hr)* und für die grünen *(hg)* Strahlen nebst Angaben über die mittlere Bewölkung *(b)* und der Sonnenscheinstunden *(s)* pro Tag:

	hr	*hg*	*b*	*s*
Januar	4867	18787	7.7	1.48
Februar	10000	38899	6.6	2.89
März	15593	57158	7.7	3.51
April	22440	82082	7.1	5.06
Mai	27840	98537	6.0	7.88
Juni	25022	96979	7.2	7.01
Juli	26334	100422	7.1	7.07
August	26349	91523	7.4	6.16
September	17467	61269	7.1	4.26
Oktober	12574	42038	7.5	3.06
November	4292	16359	7.9	1.28
Dezember	2452	9015	7.8	0.99

Das Verhältnis der grünen zur roten Ortshelligkeit, der Wert *hg/hr*, schwankt in der vorstehenden Tabelle zwischen 3.51 im September und 3.93 im November; in den Monatsmitteln der einzelnen drei Jahre schwankt dieses Verhältnis zwischen 2.82 und 4.28. Aus der Übersicht der Jahresmittel, welcher die absoluten Maxima und Minima des Beobachtungszeitraumes hinzugefügt sind, ersieht man, dass die Schwankung der Helligkeit vom dunkelsten Wintertage bis zum hellsten Sommertage die bedeutende Grösse des 200- bis 300-fachen erreicht.

Um ferner einen Überblick zu gewinnen, inwieweit das gemessene, auf die horizontale Milchglastafel fallende, gesamte Tages-

licht von direktem Sonnenscheine und inwieweit dasselbe von dem diffusen Lichte des Himmelsgewölbes herrührt, hat Prof. Weber aus Messungen Michalke's über die Extinktion des Sonnenlichtes, die zu Breslau in den Jahren 1884 bis 1886 ausgeführt sind, diejenige Helligkeit berechnet, welche die Milchglastafel besitzen würde, wenn sie lediglich von direkten Sonnenstrahlen bei klarer, normaler Luft getroffen würde, und zwar für die roten und für die grünen Strahlen. Die graphische Darstellung dieser Werte zeigt, dass für höheren Sonnenstand (Sommermonate) die brechbareren Strahlen des direkten Sonnenlichtes verhältnismässig stärker zunehmen, als die weniger brechbaren. Stellt man auch die Mittel der beobachteten Ortshelligkeiten graphisch dar, so sieht man, dass für Rot beide Kurven zusammenfallen, während die grüne Kurve des diffusen Tageslichtes bedeutend höher ansteigt als die des direkten Sonnenlichtes.

Vom Oktober bis Dezember 1890 sind an einigen 30 Tagen gleichzeitige Messungen der photographisch wirksamen Helligkeit des diffusen Tageslichtes gemacht worden. Das Resultat war, dass die auf das photographische Papier wirkende Lichtmenge durch rund den 25 fachen Wert der für rotes Licht beobachteten Helligkeit in Meterkerzen auszudrücken ist. An verschieden hellen Tagen zeigte sich eine ziemlich vollständige Proportionalität zwischen den Intensitäten der aktinischen und der roten Strahlen.

Luftdurchsichtigkeit und Staub. John Aitken hat 1891 bis 1893 seine bereits früher begonnenen Zählungen der Staubteilchen in der Luft an verschiedenen Orten fortgesetzt und jetzt mehr als 1500 Bestimmungen dieser Art gesammelt [1]. Auf Rigi-Kulm hat er sich dreimal je eine Woche aufgehalten. Die Färbungen des Sonnenunterganges waren daselbst in hohem Grade vom Staubgehalte der Luft abhängig. War die Atmosphäre verhältnismässig frei von Staub, so waren die Farben kalt, aber die Beleuchtung klar und scharf; wenn hingegen viel Staub vorhanden war, waren die Berge und Wolken stärker gefärbt, ebenso auch die Luft, und die Färbung war wärmer und milder. In der Höhe fand sich die Färbung nicht allein schwächer, sondern auch von kürzerer Dauer. Ein dicker Dunstschleier schien in der Luft zwischen dem Beobachter und den fernen Bergen zu hängen an allen Tagen, an denen die Zahl der Staubteilchen gross war, er wurde hingegen sehr schwach, wenn die Zahl gering war.

Die Windrichtung zeigte an dieser Station einen sehr bedeutenden Einfluss auf die Menge der Staubteilchen. Wehte der Wind von den Alpen her, so betrug die höchste Zahl in ccm 1305 und die kleinste 421; die Luft war dann klar bis sehr klar. Kam aber der Wind aus der Ebene, dann stieg die höchste Zahl auf 5756 und die kleinste

[1]) Nature 1894. **49.** p. 544.

auf 1063, die Luft war dann mittel bis dick. Wie sehr die Durchsichtigkeit der Luft vom Staubgehalte beeinflusst wird, konnte daran gemessen werden, ob der etwa 70 englische Meilen östlich vom Rigi entfernte Hochgerrach sichtbar war. Im ganzen konnte er 13 mal gesehen werden, und zwar 8 mal, wenn der Staubgehalt 326 bis 850 betrug; so wie die Zahl über 2000 stieg, war der Berg nicht mehr zu sehen, und der Dunst hatte stark zugenommen. Das tägliche Maximum des Staubgehaltes, das gewöhnlich einige Zeit nach Mittag einzutreten pflegt, war auf dem Rigi nicht alle Tage zu beobachten; oft wurde es durch die Windrichtung verhindert. Regelmässig war es zu konstatieren, wenn der Wind aus der Ebene kam. Der Wert des Maximums wechselte beträchtlich, oft betrug es nur das Doppelte und Dreifache der Morgenzahl, manchmal wurde das Achtfache beobachtet.

Die Beobachtungen zu Kingairloch in Argyllshire sind mit denen auf dem Ben Nevis in Parallele gestellt. Zunächst wird ein sehr abnormes Verhalten des Staubes zu Kingairloch mitgeteilt. Hier ist die Zahl der Stäubchen bei Nordwestwind gewöhnlich sehr klein, aber manchmal nahm ihre Zahl am Nachmittage sehr stark zu, und zwar unter besonderen Witterungsverhältnissen: Blieb der Himmel den ganzen Tag vollständig bewölkt, so blieben die Zahlen den ganzen Tag niedrig, wenn jedoch die Wolkendecke zerriss, so begann die Zahl zu steigen, und zwar im Verhältnisse zur Ausdehnung des blauen Himmels. Diese abnormen Erscheinungen zeigten sich viel häufiger bei anticyklonischer als bei cyklonischer Zirkulation. Eine Erklärung für diese Abnormität, die an keinem anderen Orte beobachtet worden, konnte nicht gefunden werden.

Zu Kingairloch war die Luft bei Nordwestwinden am reinsten und bei Südostwinden am unreinsten. Auch auf dem Ben Nevis wurden alle hohen Werte bei Südostwinden beobachtet. An den Tagen, an denen wenig Staub vorhanden war, war die Luft klar, wenn die Depression des feuchten Thermometers über 2^{0} betrug. Sehr ausführliche Messungen sind über die Durchsichtigkeit der Luft in der Weise gemacht worden, dass man die Erkennbarkeit von bekannten Objekten nach Meilen bestimmte und damit die Zahl der Staubteilchen im ccm, den Feuchtigkeitsgrad und die Dunstigkeit der Luft verglich, wobei Regenwetter und unbestimmtes Wetter ausgeschlossen wurden. Aus den umfangreichen Tabellen, in denen das Beobachtungsmaterial zusammengestellt ist, ergiebt sich, dass die höchste Grenze der Sichtbarkeit stets mit der geringsten Staubmenge und die niedrigste Grenze mit der grössten Staubmenge verbunden ist, und dass die Dunstmenge direkt von der Anzahl der Staubteilchen in der Luft abhängt, so dass angenommen werden konnte, dass die gleiche Zahl von Stäubchen dieselbe Dunstmenge hervorbringen würde. Danach muss die mittlere Zahl der Stäubchen, multipliziert mit der Grenze der Sichtbarkeit (dieser Wert wurde mit *C*

bezeichnet), konstant sein. Dies war zwar nicht ganz streng, aber doch ungefähr der Fall.

Es stellte sich übrigens für diese Station ferner heraus, dass auf die Durchsichtigkeit der Luft ausser der Staubmenge auch noch die Feuchtigkeit Einfluss habe. Wenn die Depression des feuchten Thermometers 2° bis 4° betrug, war $C = 77\,000$, bei einer Depression von 4° bis 7° war sie 106 000 und bei einer Depression von 7° bis 10° betrug der Wert 141 000, in letzterem Falle war also C noch einmal so gross, als im ersten. Die feuchtere Luft hat somit einen doppelt so grossen dunstbildenden Einfluss, wie die trockenere, da C proportional ist der Anzahl von Staubteilchen, die notwendig sind, um einen vollkommenen Dunst zu erzeugen, d. h. einen so dicken, dass man nicht hindurchsehen kann. Die Rechnung ergiebt in der That, dass fast doppelt soviel Partikel nötig sind, um die gleiche Dunstmenge zu erzeugen, wenn die Luft sehr trocken, als wenn sie sehr feucht ist. Es zeigte sich weiter, dass die Durchsichtigkeit der Luft ungefähr proportional ist der Depression des feuchten Thermometers. Die Tabellen liessen überhaupt eine Beziehung zwischen Feuchtigkeit, Staub und Durchsichtigkeit derart erkennen, dass man aus zweien dieser Grössen die dritte berechnen kann.

Ähnliche Resultate ergaben die Beobachtungen auf dem Ben Nevis. Auch die Beobachtungen zu Alford in Aberdeenshire, wo die Luft meist sehr rein ist, ausser bei Südwind, der aus bewohnten Gebieten kommt, führten zu entsprechenden Werten von C und gleicher Abhängigkeit von der Luftfeuchtigkeit; es war nämlich hier bei 2° bis 4° Depression des feuchten Thermometers $C = 75000$, bei 4° bis 7° $C = 95000$, und bei 7° bis 10° $C = 125000$. Die entsprechenden Werte für Rigi-Kulm sind bezw. 75 000, 104000 und 124 000. Drei Einzelbeobachtungen auf dem 1747 Fuss hohen Callievar bei Alford führten zwar zu bedeutend kleineren Werten von C, aber es müssen bei der Verwertung der durch die zahlreichen Beobachtungen ermittelten Beziehungen, wie gerade dieses Beispiel lehrt, noch die lokalen Verhältnisse berücksichtigt werden.

Zum Schlusse wird auf die Besprechung derjenigen Gebiete der Erdoberfläche eingegangen, in welchen die Luft mehr von ihren Verunreinigungen verliert als aufnimmt, und welche daher die »reinigenden« Gebiete genannt werden. Die Mehrzahl der die Luft verunreinigenden Staubpartikel sinken infolge der Schwere zu Boden; viele aber sind zu fein, um sich abzusetzen. Auf diese schlägt sich der Wasserdampf nieder, und dies scheint das Mittel zu sein, durch welches die Natur die Luft reinigt; die Stäubchen werden Zentra von Wolkenteilchen und fallen schliesslich mit dem Regen nieder. Die sehr niedrigen Zahlen in Kingairloch wurden dem entsprechend bei dichtem, nebligem Regen beobachtet und bei niedrigen Wolken, bei deren Bildung der Staub aufgebraucht wurde. Dasselbe war auf Ben Nevis der Fall. Man darf daher erwarten, dass Gebiete,

in denen sich die meisten Wolken bilden, und der meiste Regen fällt, auch den grössten reinigenden Einfluss zeigen werden. Dies hat die Beobachtung bestätigt. Die Mittelwerte der niedrigsten Zahlen aus fünf solchen reinigenden Gebieten waren: Mittelländisches Meer 891 im ccm; Alpen 381, schottische Hochlande 141, Atlantic 72[1]).

Strahlenbrechung und Luftspiegelung bei den Kanalinseln. Im Segelhandbuche des englischen Kanales Bd. III wird berichtet, dass auf der Insel Jersey eine Stelle sei, von der aus man besonders vorteilhaft die Schwankungen der Strahlenbrechung bei verschiedenen atmosphärischen Zuständen beobachten kann. Von einem bestimmten Punkte in der Nähe des Wachthauses Verclut aus gesehen, schneidet die Spitze des südöstlichen Zinnenrandes des Turmes Seymour genau mit der Linie des sichtbaren Horizontes bei Niedrigwasser zur Äquinoktialspringgezeit ab; zu verschiedenen Malen ist indessen diese Spitze zu dieser Zeit unterhalb dieser Linie und in einigen Fällen auch oberhalb von ihr beobachtet worden. Ähnliche Verschiedenheiten in der Strahlenbrechung hat man an der gegenüberliegenden französischen Küste beobachtet, zwischen den Turmspitzen der Kathedrale von Coutances und einigen Baumgipfeln in der Nachbarschaft, sowie auch in der Umgegend von Kankale.

Die atmosphärische Strahlenbrechung im Himalayagebirge[2]). Bei der grossen trigonometrischen Aufnahme von Indien wurden zahlreiche Messungen der atmosphärischen Strahlenbrechung ausgeführt, welche für das westliche Himalayagebirge (zwischen den Meridianen 73° und 80° O.) von J. T. Walker für die Höhen von 5000—20 000 Fuss je nach der Höhenlage der Beobachtungspunkte zusammengestellt sind. Aus der Tabelle ergiebt sich zunächst, dass für jede Höhe der Refraktionskoeffizient an der Südseite des Gebirges grösser ist, als an der Nordseite, dass er von 13 000 Fuss an mit der Höhe abnimmt, wie dies die Theorie verlangt, aber nur an der Nordseite, denn an der Südseite nimmt er zu und wird schliesslich zweimal so gross als an der Nordseite. Die Ursache dieses verschiedenen Verhaltens ist nicht leicht zu erklären; vielleicht hängt sie zusammen mit der grösseren Feuchtigkeit der Luft an der Südseite im Vergleiche zur Nordseite des Gebirges. Aber welches auch die Ursache sei, die Thatsache ist sehr bemerkenswert, dass der Refraktionskoeffizient ein Minimum in einer Höhe von 20 000 Fuss an der Nordseite des Himalayagebirges erreicht und ein Maximum in derselben Höhe an der Südseite.

Die Häufigkeit von Sonnen- und Mondringen ist von G. Hellmann untersucht worden[3]), wobei er sich auf die Auf-

---

[1]) Naturwissenschaftliche Rundschau 1894. Nr. 22.
[2]) Proceedings of the Royal Society 1894. **55.** Nr. 333. p. 217.
[3]) Meteorologische Zeitschrift 1893. **10.** p. 415.

zeichnungen zu Upsala in den Jahren 1866—1872 beschränken musste.

Aus den Beobachtungen der Sonnenringe und Mondringe von 22° und von 46°, der Nebensonnen, Nebenmonde, der oberen Berührungsbögen bei den vier Arten von Ringen und der vertikalen Lichtsäulen durch Sonne und Mond, deren monatliche Häufigkeiten in einer Tabelle zusammengestellt wurden, ergiebt sich, dass die Erscheinungen an der Sonne nahezu fünfmal so häufig waren, als am Monde. Sonnenringe von 22° (479), Nebensonnen (163) und Mondringe von 22° (123) kamen am häufigsten vor; demnächst vertikale Säulen durch die Sonne (74) und obere Berührungsbögen des Sonnenringes von 22° (71). Dagegen gehörten Sonnenringe von 46° (22), Nebenmonde (22), obere Berührungsbögen der Sonnenringe von 46° (21) und vertikale Lichtsäulen durch den Mond (21) schon zu den selteneren Erscheinungen, während Mondringe von 46°, sowie obere Berührungsbögen an Mondringen von 22° und 46° nur alle drei bis sieben Jahre einmal vorkamen.

Alle diese Lichterscheinungen weisen eine ausgesprochene jährliche Periode auf; die von der Sonne erzeugten sind am häufigsten im späten Frühjahre (April bis Juni) und am seltensten im Winter (Dezember und Januar), die vom Monde bewirkten sind zur Zeit des höchsten Sonnenstandes am seltensten und kommen im Winterhalbjahre am häufigsten vor. Veranlasst wird diese Periode durch zwei Faktoren: die Häufigkeit der Eisprismen in der Atmosphäre und die wechselnde Länge des Tages. Wäre die erstere das ganze Jahr hindurch gleich gross, so würde, abgesehen von sekundären Ursachen, wie Bewölkung, Niederschläge u. s. w., die Zahl der Sonnenringe und der damit in Verbindung stehenden Erscheinungen der Tageslänge nahezu proportional sein. In der That nimmt auch die Zahl der Sonnenringe u. s. w. vom Dezember bis zum Mai/Juni regelmässig zu, der Abfall nach Eintritt der längsten Tage ist aber ein sehr viel rascherer, als der vorhergehende Aufstieg, weil im Hochsommer Schneekristalle in der Atmosphäre am seltensten sind. Die jährliche Periode der Mondphänomene scheint wesentlich durch die Tageslänge bedingt zu sein. Hellmann führt noch einige andere Beobachtungen (aus New-York, den Polarstationen, Japan) an, welche im wesentlichen die Ergebnisse der Upsalenser Beobachtungen bestätigen, aber das Bedürfnis nach sorgfältigerer Beachtung dieser Phänomene sehr klar hervortreten lassen.

Über das Funkeln der Sterne verbreitet sich Lord Rayleigh [1]). Er weist zunächst nach, dass die alte Arago'sche Erklärung auf einem völligen Missverständnisse beruht. Mehr Anerkennung zollt er der älteren, von Montigny vertretenen Anschauung, dass das Funkeln veranlasst werde durch ein wirkliches Ablenken des Lichtes aus der

[1]) Philos. Mag. 1893. [5.] **36.** p. 129.

Sehöffnung (Pupille, bezw. Öffnung des Fernrohres) infolge der Unregelmässigkeiten der Atmosphäre, wobei die auftretenden Farbenerscheinungen ihre natürliche Erklärung finden in der verschiedenen Ablenkung der verschiedenen Wellenlängen, also in der normalen Dispersion des Lichtes durch die Atmosphäre. Nach Montigny wird die Ablenkung des Lichtes hervorgerufen durch die totale Reflexion der Strahlen an den Luftschichten verschiedener Dichte.

Die wichtigste Arbeit über die vorliegende Frage aber ist die von Respighi (1868), welcher bei der Untersuchung des Sternfunkelns sich des Spektroskopes bediente und Resultate erzielte, die er in 13 Sätze zusammengefasst hat. Lord Rayleigh hält dieselben für so wichtig, dass er sie wörtlich wiedergiebt, was daher auch an dieser Stelle geschehen möge.

»1. In den Spektren der Sterne nahe am Horizonte können wir dunkle und helle Streifen quer oder senkrecht zur Länge des Spektrums beobachten, welche mehr oder weniger schnell vom Rot nach dem Violett oder vom Violett nach dem Rot wandern oder schnell von der einen zur anderen Farbe oszillieren, und zwar gleichgültig, wie man auch das Spektrum aus der Horizontalen in die Vertikale einstellen mag.

2. Unter normalen atmosphärischen Bedingungen schreitet die Bewegung der Streifen regelmässig vom Rot nach dem Violett fort bei Sternen im Westen, und vom Violett nach dem Rot für Sterne im Osten; während in der Nähe des Meridians die Bewegung gewöhnlich eine oszillatorische ist oder selbst auf einen Teil des Spektrums beschränkt bleibt.

3. Beobachtet man die horizontalen Spektren von Sternen, die immer höher und höher über dem Horizonte stehen, so sieht man die Streifen ziemlich parallel zu einander, aber zur Axe des Spektrums mehr oder weniger geneigt, vom Rot zum Violett oder umgekehrt vorüber ziehen, je nachdem der Stern im Westen oder Osten steht.

4. Die Neigung der Streifen oder der Winkel, den sie mit der Axe des Spektrums bilden, hängt von der Höhe der Sterne ab; sie sinkt auf 0° am Horizonte und wächst schnell mit der Höhe, so dass sie 90° erreicht bei der Höhe von 30° oder 40°, bei welcher Höhe somit die Streifen longitudinal werden.

5. Die Neigung der Streifen, nach unten gerechnet, ist nach dem brechbareren Ende des Spektrums gerichtet.

6. Die Streifen sind am ausgesprochensten und schärfsten, wenn die Höhe der Sterne am kleinsten ist. Bei einer Höhe von mehr als 40° sind die Streifen zu blossen streifigen Schatten reduziert, und oft können sie im Spektrum nur als leichte allgemeine Helligkeitsänderungen beobachtet werden.

7. In dem Masse, als die Höhe zunimmt, wird die Bewegung der Streifen schneller und weniger regelmässig.

8. Wenn das Prisma so gedreht wird, dass das Spektrum aus der horizontalen in die vertikale Stellung gelangt, wird die Neigung der Streifen zur Transversalen des Spektrums kontinuierlich kleiner, bis sie Null wird, wenn das Spektrum nahezu vertikal steht; aber die Streifen werden dann weniger ausgesprochen, behalten jedoch die Bewegung in der oben (3) angegebenen Richtung bei.

9. Helle Streifen sind weniger häufig und weniger regelmässig als dunkle Streifen und treten gut ausgesprochen nur in den Spektren der Sterne nahe dem Horizonte auf.

10. Inmitten dieser allgemeinen und heftigen Bewegung heller und dunkler Lichter in den Spektren der Sterne bleiben die schwarzen Spektrallinien, die dem Lichte eines jeden Sternes angehören, ziemlich ruhig oder zeigen nur sehr leichte Oszillation.

11. Unter abnormen atmosphärischen Verhältnissen sind die Streifen schwächer, und ihre Gestalt wie ihre Bewegung sind weniger regelmässig.

12. Wenn starke Winde herrschen, sind die Streifen gewöhnlich blasser und unbestimmter, und dann zeigt das Spektrum selbst bei den Sternen nahe dem Horizonte nur Helligkeitsänderungen.

13. Grosse Schärfe und regelmässige Bewegung der Streifen scheint ein Zeichen zu sein für die wahrscheinliche Fortdauer des guten Wetters, und anderseits zeigt Unregelmässigkeit dieses Phänomens wahrscheinlichen Wechsel an.

Diese Resultate zeigen deutlich, dass die Änderungen der Intensität und der Farbe der Sternbilder wirklich durch eine momentane Ablenkung der Lichtstrahlen vom Objektive veranlasst werden, dass in der Nähe des Horizontes die verschiedenfarbigen Strahlen einzeln und nacheinander affiziert werden, und dass für einen gegebenen Moment nicht alle Strahlen einer bestimmten Farbe das Objektiv erreichen. Diese Erscheinungen hatte bereits Respighi auf die unregelmässigen Brechungen in der Atmosphäre zurückgeführt, und das Wandern der Streifen in einer Richtung über das Spektrum auf die Tagesbewegung. Bei einem untergehenden Sterne z. B. (im Westen) verfolgen die blauen Strahlen, die er uns in seinem Lichte zusendet, einen höheren Weg durch die Atmosphäre und treffen ein Hindernis etwas später als die roten Strahlen; daher wandert der Streifen nach dem Violett des Spektrums. In der Nähe des Meridians hört diese Ursache einer Wanderung auf.

Die unter 3, erwähnten Beobachtungen sind besonders interessant, da sie einen Zusammenhang feststellen zwischen der Reihenfolge, in welcher verschiedene Teile des Objektives und des Spektrums affiziert werden. Wenn das Spektrum horizontal ist, entsprechen die verschiedenen Teile seiner Breite den verschiedenen horizontalen Abschnitten des Objektives, und das Vorkommen von Streifen unter einer bestimmten Neigung zeigt, dass im Moment, wenn der Schatten des Hindernisses, den die blauen Strahlen erzeugen, den unteren Teil des Glases erreicht, der Schatten am obersten Teile desselben

von den weniger brechbaren grünen, gelben oder roten Strahlen gebildet ist. Wenn die Höhe des Sternes 30° oder 40° erreicht, dann ist der Wegunterschied infolge der atmosphärischen Dispersion nicht mehr ausreichend, um die einzelnen Teile des Spektrums verschieden zu beeinflussen; die Streifen erscheinen dann longitudinal.

Die bestimmte Schiefe der Streifen bei mässigen Höhen, welche Respighi beobachtet hat, führt zu einem interessanten Schluss, der noch nicht gezogen zu sein scheint. Bei einem gegebenen Sterne, der in einer bestimmten Höhe beobachtet wird, muss die lineare Trennung der Schatten, welche die Strahlen der verschiedenen Farben von demselben Hindernisse erzeugen, notwendigerweise von dem Abstande des Hindernisses abhängen. Die Bestimmtheit der Schiefe der Streifen verlangt aber, dass diese Trennung sich nicht ändere, und dass daher die Widerstände, von denen die Wirkungen herrühren, nahezu nur in einem Abstande sich befinden. Hieraus scheint zu folgen, dass unter »normalen atmosphärischen Verhältnissen« das Funkeln von Unregelmässigkeiten abhängt, welche beschränkt sind auf eine schmale, horizontale Schicht der Atmosphäre. Eine weitere Folge wird sein, dass der Abstand der Hindernisse zunimmt, wenn die Höhe der Sterne abnimmt, und zwar nach einem bestimmten Gesetze.

Lord Rayleigh entwickelte nun, was er als Hauptzweck seiner Abhandlung bezeichnet, in bestimmter mathematischer Form einige Konsequenzen der Theorie des Funkelns, welches ihn, zunächst unter Vernachlässigung des Einflusses der Erdkrümmung, zu einer Gleichung führt, die es gestattet, die Zeit zu berechnen, die ein Streifen braucht, um das Spektrum infolge der Tagesbewegung zu durchwandern. Die erforderliche Zeit ist die, welche der Stern braucht, um in der fraglichen Höhe durch den Winkel seines Dispersionsspektrums zu steigen oder zu sinken. In einer Höhe von 10° z. B. wird dieser Winkel 8″ betragen, da er stets etwa $^1/_{40}$ der ganzen Refraktion ausmacht. Die Geschwindigkeit, mit der ein Stern steigt oder sinkt, hängt von der Deklination des Sternes und der Breite des Beobachtungsortes ab und kann von 0° bis 15° pro Stunde variieren. Bei der letzteren grössten Geschwindigkeit wird der Stern etwa 8″ in einer halben Sekunde beschreiben, was somit die Zeit sein wird, die ein Streifen braucht, um unter den angenommenen Bedingungen das Spektrum zu durchziehen. Ist der Stern dem Horizonte ganz nahe, so wandert der Streifen ein gut Teil langsamer.

Die Thatsache, dass die grossen Planeten nur wenig funkeln, selbst unter günstigen Bedingungen, erklärt sich durch ihre merkliche scheinbare Grösse. Die Trennung der Strahlen bestimmter Farbe ist zwar gewöhnlich viel grösser, so dass die einzelnen Teile der Planetenscheibe ebenso funkeln wie ein punktförmiger Stern, aber jeder Teil funkelt unabhängig, und das Auge empfängt daher nur einen Durchschnittseindruck, weshalb man kein Funkeln bemerkt.

Anderseits rührt das Nichtfunkeln der kleinen Sterne in der Nähe des Horizontes daher, dass das Auge Farben einer so schwachen Lichtquelle nicht wahrnehmen kann. Bei den höher stehenden Sternen endlich wird das ganze Spektrum gleichzeitig affiziert; eine momentane Steigerung des Leuchtens infolge des Vorüberganges einer atmosphärischen Unregelmässigkeit kann hierdurch einen Stern sichtbar machen, der in der ruhigen Atmosphäre wegen seiner Schwäche nicht hat stetig gesehen werden können.

Als eine besondere Schwierigkeit für die Theorie des Funkelns muss die Frage bezeichnet werden, wie bei einer atmosphärischen Unregelmässigkeit der Übergang von einem Brechungsindexe zu einem anderen plötzlich genug sein kann. Da die verschiedenen Teile eines nicht zu kleinen Objektivs verschieden affiziert werden müssen, dürfen diese Übergänge nicht mehrere Zentimeter betragen. Aber mag die Unregelmässigkeit durch Temperatur oder Feuchtigkeit bedingt sein, so müssen wir doch erwarten, dass ein solcher Übergang, wenn auch anfangs plötzlich, nach wenigen Minuten oder Stunden grösser sein muss, als oben angenommen ist. Vielleicht wird das Plötzliche des Überganges dadurch ermöglicht, dass immer wieder neue Partien von leichter und schwerer Luft in auf- und absteigenden Strömungen zur Wirkung gelangen, also durch Vorgänge, die durch die neuen Untersuchungen über die Wolkenbildungen nahe gelegt werden. Eine Vorfrage, welche Aufmerksamkeit verdient, ist die nach dem Ursprunge der Unregelmässigkeiten, welche das Funkeln verursachen. »Ist es stets der Boden und hauptsächlich unter dem Einflusse des Sonnenscheins? Oder kann unregelmässige Absorption der Sonnenwärme in der Atmosphäre, herrührend von dem wechselnden Feuchtigkeitsgehalte, Übergänge von der notwendigen Plötzlichkeit veranlassen? Ferner können wir fragen, wie viele Hindernisse müssen als auf denselben Strahl einwirkend angenommen werden? Ist der schliessliche Effekt nur ein kleiner Rückstand aus vielen Ursachen, die sich gegenseitig neutralisieren? Es scheint, dass bei dem gegenwärtigen Stande der meteorologischen Wissenschaft auf diese Fragen keine befriedigende Antworten gegeben werden können.«

Zum Schlusse entwickelt Lord Rayleigh noch unter Berücksichtigung der Erdkrümmung weitere Formeln, um annähernd die atmosphärische Refraktion berechnen zu können; wegen dieser sowie wegen der früheren mathematischen Teile der Abhandlung muss auf das Original verwiesen werden[1]).

Das Funkeln der Sterne im Zusammenhange mit dem Wetter ist seit 38 Jahren von Ch. Dufour in Lausanne beobachtet worden[2]).

[1]) Naturwissenschaftliche Rundschau 1893. p. 587.

[2]) Recueil inaugural de l'université de Lausanne 1892. Referat in d. Ann. d. Hydrographie 1894. p. 236.

Im Gegensatze zu mehreren älteren Autoren ist er zu dem Resultate gelangt, dass schwache Scintillation im allgemeinen die Annäherung schlechten Wetters anzeige. Dieses Resultat gilt allerdings zunächst nur für den Ort, wo Dufour seine Beobachtungen angestellt hat — Morges am Genfer See. Um festzustellen, wie sich die Erscheinung anderswo gestaltet, sind weitere Beobachtungen sehr zu wünschen; besonders legt Dufour auf solche vom Ozeane Wert.

Dufour benutzt zu seinen Beobachtungen kein Instrument, sondern findet, dass man mit einiger Übung recht gut die Stärke der Scintillation (des Funkelns) nach 10 Graden mit freiem Auge abschätzen kann; von diesen kommt 0 (= gar kein Funkeln) in der Schweiz nur sehr selten und nur in nächster Nähe des Zeniths vor, 10, wobei der Stern hüpft und lebhaften Farbenwechsel zeigt, nur in der Nähe des Horizonts. Die Angaben müssen, wenn man bestimmte Sterne beobachtet, korrigiert werden, um sie auf eine Normalhöhe über dem Horizonte zu reduzieren. Hierfür hat Dufour aus seinen Beobachtungen folgende Zahlenreihe abgeleitet; das Funkeln ist proportional den Zahlen:

bei Zenithdistanz

10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75_0
0.30	0.41	0.45	0.54	0.60	0.80	1.12	1.36	2.03	2.83	3.71	5.09	7.02	7.89.

Diese Zahlen verhalten sich wie die Produkte aus der Dicke der vom Strahl passierten Luftschicht und der astronomischen Refraktion, welche für diese Höhe gilt.

Findet man Schwierigkeit, so viele Grade zu unterscheiden und die obigen Reduktionen auszuführen, so genügt für die Hauptsache die Unterscheidung der Stufen sehr stark, stark, mässig, schwach und sehr schwach und eine Gesamtschätzung über das Funkeln aller Sterne erster Grösse, welche einem geübten Beobachter nicht schwer fällt.

Es ist indessen zu beachten, dass die Sterne in der Nähe von Wolken ein stärkeres Funkeln zeigen. Beobachtet man daher in Wolkenlücken ein starkes Funkeln derselben, so muss man sie als schwach notieren.

21. Klimatologie.

Die Eisverhältnisse an den Seeküsten des russischen Reiches sind im Auftrage der hydrographischen Hauptverwaltung seit dem Winter 1888—1889 Gegenstand der Beobachtung und Berichterstattung seitens der Leuchtturmwärter geworden. Das nicht sehr homogene Material ist von J. Spindler bearbeitet worden[1]).

Angesichts der bedeutenden jährlichen Schwankungen in der Zeit des Zufrierens und der Befreiung vom Eise russischer Meere und der geringen

[1]) Vgl. Ann. d. Hydrographie 1894. p. 283 u. ff.

Zahl der Jahre, wo Beobachtungen gemacht wurden, musste man sich mit einem allgemeinen Überblicke über die Eisverhältnisse russischer Meere, hauptsächlich für die letzten fünf Winter, begnügen. Folgendes sind die Hauptergebnisse, wobei die Daten nach neuem Stile angegeben sind.

Das Schwarze Meer. Jedes Jahr erschien das Eis zuerst an der nordwestlichen Küste auf der Strecke zwischen dem Dniepr-Bug'schen Liman und der Dniestr-Zaregrad'schen Mündung.

Der Dniepr-Bug'sche Liman blieb jedes Jahr im Mittel von Anfang Januar bis Mitte März im Laufe von $2^1/_2$ Monaten zugefroren. An der Mündung des Liman ins Meer fror dieses nur im Winter 1892—1893 zu.

Im Odessaer Meerbusen fand das Zufrieren alljährlich, jedoch nur auf eine verhältnismässig kurze Zeit statt. Die grösste ununterbrochene Dauer des Zufrierens der Reede belief sich im Januar 1889 und 1893 auf 18 und 19 Tage; für einen Winter jedoch schwankt die Gesamtsumme der Tage, wo die Reede zugefroren bleibt, zwischen 3 und 38 Tagen. Das früheste Zufrieren der Reede fand am 23. Dezember 1890 statt; deren späteste Befreiung vom Eise am 8. März 1893.

Bei der Dniestr-Zaregrad'schen Mündung fror der Liman jeden Winter durchschnittlich auf $1^1/_2$ bis 3 Monate zu; das Meer jedoch erhielt nur im Januar 1889 und Januar bis Februar 1893 auf längere Zeit (auf 22 bis 23 Tage nämlich) eine Eisdecke. Das früheste Zufrieren des Meeres fand am 28. Dezember 1890, die späteste Befreiung desselben vom Eise am 11. Februar 1893 statt.

Am günstigsten an der nordwestlichen Küste des Schwarzen Meeres war der Winter 1891—1892, woselbst im Dniepr-Bug'schen Liman das Eis sich erst im Januar zeigte, und zu Ende dieses Monats (nach altem Stile) das Meer fast auf seiner ganzen Ausdehnung anfing, sich vom Eise zu befreien.

Das Azòf'sche Meer unterscheidet sich vom nordwestlichen Teile des Schwarzen Meeres schon durch grössere Beständigkeit der Winter, weshalb denn hier auch die Schwankungen in der Zeit des Zufrierens geringer sind. Am wenigsten beständig ist das Eis in der Meerenge von Kertsch, wo es im Laufe fast jeden Winters mehrmals erscheint und wieder verschwindet. Die längste Dauer (42 Tage) ununterbrochenen völligen Zufrierens wurde im Jahre 1893 beobachtet; die Gesamtzahl aber der Tage mit Eisdecke schwankt zwischen 7 und 55 Tagen. Das früheste Zufrieren fand am 14. Dezember 1888, die späteste Befreiung vom Eise am 7. März in den Jahren 1890, 1891 und 1893 statt.

Im Azòf'schen Meere erschien das Eis zuerst in der Bucht von Taganrog, am spätesten bei Berdyánsk. Im Mittel dauerte die Eisdecke ungefähr 3 Monate, und die Gesamtsumme der Tage mit Eis schwankt am meisten (zwischen 2 und $4^1/_2$ Monaten) bei dem Leuchtturme von Byelosoraisk.

Das früheste Zufrieren fiel bei Taganrog auf den 26. November und bei Berdyansk auf den 27. Dezember; der späteste Eisgang fand im Jahre 1889 am 1. April bei Genitshesk, am 19. April bei Berdyansk statt.

Im Azòf'schen Meere, ebenso wie im Schwarzen Meere, war der Winter 1891—1892 für die Schiffahrt am günstigsten; die am längsten dauernde Unterbrechung derselben auf mehr als vier Monate fand im Winter 1888 bis 1889 statt.

Das Kaspische Meer. Für dieses bieten nur zwei Punkte, die Leuchttürme der »Vier Hügel« und von Petrofsk, mehr oder minder befriedigende Beobachtungen. An beiden Punkten wurden Beobachtungen des Eises angestellt, doch fror das Meer nur bei dem »Vier Hügel«-Leuchtturme zu, d. h. nur im nördlichen seichten Teile des Meeres, in welchen die Wolga mündet.

Bei dem »Vier Hügel«-Leuchtturme hielt das Eis am längsten im Jahre 1890—1891 an — genau 4 Monate. Das früheste Zufrieren fand dort

am 9. November 1891, die späteste Befreiung vom Eise am 31. März 1889 statt. Für die Schiffahrt war auch hier der Winter 1891—1892 am günstigsten.

Unter fünf Wintern fror in Petrofsk in den ersten drei der Hafen zu, und die längste Zeit des Zufrierens, 47 Tage, fiel auf das Jahr 1888/1889. Das früheste Zufrieren des Hafens von Petrofsk fand am 25. Dezember 1888, dessen späteste Befreiung vom Eise am 3. April 1890 statt.

Im offenen Meere wurde im Laufe derselben Winter am Horizonte nur bewegliches, angetriebenes Eis bemerkt; im Laufe der letzten zwei Winter war gar kein Eis zu entdecken.

Schwimmende Eisschollen dringen an der westlichen Küste des Kaspischen Meeres bis Derbent; in Baku aber wurde nie Eis bemerkt, und nach den Aussagen des Beobachters sind Fälle von Eis dort gänzlich unbekannt. An der östlichen Küste froren, nach zweijährigen Beobachtungen, Meerbusen und Bucht beim Leuchtturme von Tyubkaragan im Winter zu, am frühesten am 24. Dezember im Jahre 1888; am spätesten vom Eise befreit wurden sie 1889, nämlich am 27. März. Im Laufe desselben Zeitraumes wurden auch in offener See schwimmende Eisschollen beobachtet. Bei Krasnovodsk erschien nur örtliches Eis, welches keine einförmige Eisrinde bildete; am frühesten erschien es am 30. Dezember 1888, am spätesten verschwand es aus der Bucht am 16. Februar 1891.

Das Weisse Meer. In den letzten fünf Wintern brach die Eissaison für die Dvinabucht (nach altem Stile) in der zweiten Hälfte des Oktober und für den Eingang in die Onegabucht Anfang November an. Das früheste Erscheinen von Eis wurde bei dem Modyug'schen Leuchtturme am 13. Oktober 1892 beobachtet. Das Meer war nur auf eine gewisse Entfernung von den Ufern zugefroren; in den offeneren Teilen des Meeres blieb das Eis grösstenteils beweglich, wie man aus den Beobachtungen auf dem Jijginski- und Zimnegorskileuchtturme schliessen kann. Genauere und vollständigere Beobachtungen auf dem letztgenannten Leuchtturme zeigen jedoch, dass es Winter giebt, wo auch die offene See von einer ununterbrochenen, unbeweglichen Eisdecke, wenigstens bis zum Horizonte des Leuchtturmes, d. h. auf mehr als 20 Meilen, bedeckt wird Ein ähnliches Zufrieren dauerte im Jahre 1892 gegen Ende des Winters 33 Tage, im Jahre 1893 79 Tage, wobei selbst bis zum 28. Mai das Eis unbeweglich blieb.

Bei der sogenannten »Kehle« des Weissen Meeres, an der Stelle, wo dieses ins Eismeer mündet, findet das Zufrieren bis zum Horizonte des Orlof'schen, Sosnowets'schen und Morjof'schen Leuchtturmes fast alljährlich statt. Das anhaltendste ununterbrochene Zufrieren wurde im Winter 1892 bis 1893 im Februar bis März beobachtet; bei Sosnowets dauerte es 60, bei Orlof 34 Tage. Die Gesamtsumme der Tage mit Eisdecke an dieser Stelle des Weissen Meeres belief sich jedoch bei dem erstgenannten Leuchtturme auf 117, bei dem zweiten auf 79 Tage. Die grössten Schwankungen von Jahr zu Jahr sehen wir bei Orlof: von 5 (1890) bis zu 79 Tagen (1893). Für das ganze Weisse Meer dauert die Eissaison im Mittel mehr als sechs Monate; in einzelnen Jahren jedoch schwankt deren Dauer zwischen fünf und sieben Monaten, und es giebt Punkte, wo die Schwankungen noch bedeutender sind.

Die endgültige Befreiung des Weissen Meeres vom Eise zieht sich gewöhnlich durch den ganzen Mai alten Stils hindurch.

Die Dvinabucht, wo der Eisgang im Mittel auf den 17. Mai fällt, befreit sich zuerst vom Eise; am frühesten geschah dieses am 6. Mai (1890), am spätesten am 30. Mai (1893). Ihre Mündung ins Meer wird nur Anfang Juni eisfrei, im Jahre 1893 aber geschah dieses erst am 8. Juli. Eine so späte Befreiung vom Eise muss den ungeheueren Eismassen zugeschrieben werden, welche in jenem Winter, dank dessen Strenge und Beharrlichkeit, gebildet wurden; auch die niedrige Temperatur des Früh-

jahrs 1893 muss Einfluss darauf gehabt haben. In demselben Jahre wurde die Onegabucht am 18. Juni eisfrei. Im ganzen dauerte auf dem Weissen Meere die Eissaison 1892—1893 beinahe $8^1/_2$ Monate. Am wenigsten lange währte die Eissaison des Jahres 1889—1890, deren Dauer bei Sosnowets 6.4 Monate, bei den Leuchttürmen von Orlof und Zimnegorski 4.2 Monate betrug; an den übrigen Punkten war die Eissaison 1889—1890 von noch kürzerer Dauer.

Der Stille Ozean. Die Beobachtungen auf den Leuchttürmen bieten grosse Lücken. Die Angaben über Wladiwostok für 1884—1893 wurden der Zeitung »Wladiwostok« entlehnt und diejenigen für 1876—1881 aus den Berichten des hydrographischen Departements geschöpft.

Längs des ganzen Küstenstriches von der Bucht Possiet an gegen Norden wurde alljährlich Eis gesehen.

Die Ufer des Amur'schen Meerbusens wurden jeden Winter von ununterbrochenem Eise im Mittel auf $3^1/_2$ Monate bedeckt. Das späteste Brechen der Eisdecke dieses Meerbusens wurde am Horizonte des Larionofschen Leuchtturmes am 23. April 1893, das früheste am 23. März 1891 beobachtet.

Die Bucht »Goldenes Horn« (Vladivostòk) fror im Laufe der letzten zehn Jahre auf durchschnittlich 100 Tage zu, von Anfang Januar bis Mitte April. Das früheste Zufrieren fiel auf den 17. Dezember 1889, der früheste Aufgang auf den 21. März 1887, der späteste auf den 20. April 1893.

Zieht man die Angaben für 1876—1881 in Betracht, so erhält man als Mittel des Aufganges den 6. April, als Mittel des Zufrierens den 24 Dezember, wobei die Zeit des frühesten Zufrierens der 7. Dezember, die Zeit des spätesten Eisganges der 27. April ist.

In der Meerenge »Östlicher Bosporus« (ebenda) wurde das früheste Erscheinen von Eis am 8. Dezember, die späteste Befreiung davon am 27. April beobachtet. Die Meerenge friert fast jedes Jahr zu, um zuweilen im Laufe des Winters mehrmals das Eis zu sprengen Das anhaltendste Zufrieren des östlichen Bosporus, im Laufe von $2^1/_2$ Monaten, fiel auf das Jahr 1879. Das früheste Zufrieren kommt auf den 20. Dezember, die früheste Befreiung vom Eise auf den 9. März.

Im Ussurischen Meerbusen, am Horizonte des Skrïplyof'schen Leuchtturmes nämlich, fror das Meer in den Jahren 1877, 1881, 1891 und 1892 jedesmal nur auf einige Tage zu, und nur im Jahre 1893 hielt sich das Eis im Laufe von 23 Tagen.

Die Eissaison im Meerbusen mit Einschluss des östlichen Bosporus und der umliegenden Buchten dauert jedes Jahr durchschnittlich 3.2 Monate, wobei sie von Jahr zu Jahr zwischen zwei und mehr als vier Monaten schwankt. Bemerkenswert ist, dass hier, wie auch in anderen nördlichen Meeren des russischen Reiches, die Eissaison 1892—1893 eine der anhaltendsten gewesen ist.

In der Meerenge von Sakhalin hielt im Jahre 1889—1890 das Eis im Laufe von 78 Tagen und im Jahre 1890—1891 im Laufe von 85 Tagen; die Mitteldauer aber der ganzen Eissaison beläuft sich jährlich auf mehr als vier Monate. Am frühesten wurde dort am 5. November 1891 Eis bemerkt; das späteste Verschwinden desselben wurde am 22. Mai 1893 beobachtet.

In der Lapérousemeerenge war schwimmendes Eis im Laufe von 2 bis $2^1/_2$ Monaten sichtbar.

Bei Petropavlofsk friert das Meer nicht zu; zeitweise nur erscheinen schwimmende Eisschollen, welche im Jahre 1891 sogar im Laufe von drei Monaten, vom 15. Januar bis zum 19. April gesehen wurden; im Winter von 1891—1892 aber war gar kein Eis zu bemerken.

Die Ostsee. Über die Eisverhältnisse im Laufe der letzten fünf Winter giebt Verf. eine graphische Tafel, behandelt dagegen diejenigen des Jahres 1892—1893 eingehender.

Wegen Einzelheiten muss auf das Original verwiesen werden, hier folgt nur eine kleine Tabelle, welche Spindler giebt, und die einen summarischen Überblick über die zeitliche Dauer der Eissaison 1892—1893 und einen Vergleich mit derjenigen 1888—1889 enthält.

	Dauer in Monaten			
	Ganze Eissaison 1892/1893	+ mehr — weniger als 1888/1889	Zufrieren 1892/1893	+ mehr — weniger als 1888/1889
Kurländische Küste	3.7	+ 0.7	1.0	— 0.1
Westküste von Ösel und Dagö	4.4	+ 1.2	0.8	— 0.5
Nordküste von Dagö und westlicher Teil des Finnischen Meerbusens bis Kockskär	4 5	+ 1.4	2.9	+ 2.4
Zentralteil des Finnischen Meerbusens	4.5	+ 0.3	3.0	+ 0.5
Östlicher Teil des Finnischen Meerbusens (Seskär—Kronstadt)	5.5	0.0	5.0	+ 0.6
Moonsund u. die Bucht von Pernau	4 5	— 0.1	4 2	— 0.1
Rigaer Meerbusen	4.2	+ 0.5	3.3	+ 1.2

Der Verf. bemerkt noch, dass in allen russischen Meeren, mit Ausnahme des Kaspischen, die Eissaison von 1892—1893 sich durch lange Dauer auszeichnete. Am kürzesten war sie in den nördlichen Meeren 1889—1890, in den südlichen 1891—1892.

Druck von Oskar Leiner. 34406

JAHRBUCH

der

Astronomie und Geophysik.

Enthaltend die wichtigsten Fortschritte auf den Gebieten

der

Astrophysik, Meteorologie und physikalischen Erdkunde.

Unter Mitwirkung von Fachmännern

herausgegeben

von

Dr. Hermann J. Klein.

VI. Jahrgang 1895.

Mit 5 Lichtdruck- und Chromotafeln.



EDUARD HEINRICH MAYER

Verlagsbuchhandlung

Leipzig 1896.

JAHRBUCH

der

Astronomie und Geophysik.

Enthaltend die wichtigsten Fortschritte auf den Gebieten

der

Astrophysik, Meteorologie und physikalischen Erdkunde.

Unter Mitwirkung von Fachmännern

herausgegeben

von

Dr. Hermann J. Klein.

VI. Jahrgang 1895.

Mit 5 Lichtdruck- und Chromotafeln.



EDUARD HEINRICH MAYER
Verlagsbuchhandlung
Leipzig 1896.

Inhaltsübersicht.

Geophysik.

Verzeichnis der Tafeln.

Astrophysik.

Die Sonne.

Sonnenstatistik 1894. Die Relativzahlen der Sonnenflecke für das Jahr 1894 sind von A. Wolfer festgestellt worden[1]) auf Grund der Aufzeichnungen in Zürich und an zwölf anderen Stationen. Die nachstehende Tabelle enthält die monatlichen Fleckenstände, und zwar bezeichnet m die Zahl der fleckenfreien Tage, n die Zahl der Beobachtungstage und r die mittlere Relativzahl.

1894	m	n	r
Januar	0	31	83.2
Februar	0	28	84.6
März	0	31	52.3
April	0	30	81.6
Mai	0	31	101.2
Juni	0	30	98.9
Juli	0	31	106.0
August	0	31	70.3
September	0	30	65.9
Oktober	0	31	75.5
November	0	30	56.6
Dezember	0	31	60.0
Jahr	0	365	78.0

Die kontinuierliche Abnahme der Sonnenfleckenhäufigkeit findet sich auch beim Vergleiche mit den Relativzahlen der Züricher Beobachtungen in der ersten Hälfte von 1895 bestätigt, und Wolfer setzt demgemäss die diesmalige Epoche des Maximums der Sonnenflecken auf 1894.0 fest.

Das Thätigkeitsgebiet der grossen Sonnenfleckgruppe vom Februar 1892 hat A. Wolfer untersucht[2]). Die vom 5. bis

[1]) Astron. Mitteilungen Nr. 86. p. 187 u. ff.
[2]) Vierteljahrsschrift der Naturf. Ges. Zürich 1895 **40.** p. 139 u. ff.

19. Februar 1892 auf der Südhalbkugel der Sonne sichtbar gewesene Fleckengruppe bezeichnete nicht bloss eines der auffälligsten, jemals beobachteten Symptome solarischer Thätigkeit, sondern die Verfolgung ihrer Entwickelung vor und nach der genannten Zeit und der begleitenden Fackel- und Protuberanzbildungen lieferte zugleich einen der besten Belege dafür, wie lange sich an einer und derselben Stelle der Sonnenoberfläche die erzeugende Ursache erhalten und in den bekannten verschiedenen Formen äussern kann.

Aus den Beobachtungen Wolfer's ergiebt sich, dass die Gegend, in welcher später die grosse Fleckengruppe entstand, schon während des ganzen Jahres 1891 eine vor allem durch die Fackelbildungen am vollkommensten ausgedrückte Thätigkeit von wechselnder, aber nie ganz erlöschender Intensität zeigte, und dass eine neue Phase derselben in zunehmender Stärke im Herbste 1891 begonnen zu haben scheint, welche ihren Höhepunkt im Februar 1892 erreichte.

Ähnliche Fälle, wenngleich von kürzerer Dauer, hat Verfasser bis 1887 wiederholt konstatieren können, und sie führen zu der Überzeugung, dass man durch die Verfolgung der Fackeln allein ein wenigstens ebenso vollständiges, sogar kontinuierlicheres und namentlich geringeren sekundären Schwankungen unterworfenes Bild von dem langperiodischen Verlaufe der Sonnenthätigkeit erhalten würde, als durch das Fleckenphänomen. Im vorliegenden Falle zeigt schon ein Blick auf die vom Verfasser gegebene Zusammenstellung, dass die Fleckenbildung in dieser Gegend häufig ganz unterbrochen gewesen, also die erzeugende Ursache dazwischen vollständig erloschen war, und es wird natürlich zu Zeiten starker Sonnenthätigkeit der Fall häufig genug stattfinden, dass an nahe derselben Stelle die Fleckenbildungen intermittierend auftreten, ohne dass die verschiedenen Wiederholungen unter sich in irgend welcher Verbindung zu stehen brauchen.

Bemerkenswert ist, dass, während die Intensität der Fleckenerscheinung nach und nach abnahm und endlich vollständig verschwand, die Stärke der Fackelbildung im Gegenteile eher noch gewachsen ist und sich beim Verschwinden der Flecke nahe unvermindert erhalten hat. Darin liegt ein deutlicher Hinweis auf die Verschiedenheit der erzeugenden Ursachen. Würde beiden Erscheinungen dieselbe Ursache zu Grunde liegen, wogegen ja auch manche anderen Gründe sprechen, so hätte man anzunehmen, dass die Fackeln, als Produkte eines bestimmten mechanischen Vorganges, eine grosse Beständigkeit besitzen und sich auf der Oberfläche der Sonne noch lange erhalten können, auch wenn die erzeugende Ursache längst aufgehört hat zu wirken, eine Annahme, die mit der bekannten raschen Veränderlichkeit dieser Gebilde in Form und Helligkeit in einigem Widerspruche steht. Es liegt also näher, für die beiden Erscheinungen verschiedene, wenn auch unter sich ohne Zweifel in enger Beziehung stehende Ursachen anzunehmen, von denen die fackelnerzeugende die beständigere zu sein scheint, also

wahrscheinlich die primäre ist und im vorliegenden Falle noch lange fortbestand, als diejenige der Fleckenbildung längst erloschen war. Anderseits ist nicht zu übersehen, dass, soweit man es aus Beobachtungen auf der sichtbaren Halbkugel beurteilen kann, die starke Fackelentwickelung der ungewöhnlichen Zunahme der Fleckenmenge nicht vorangegangen zu sein scheint, sondern höchstens gleichzeitig stattfand. Die Möglichkeit, dass Fackelbildung durch Fleckenbildung bedingt sei, ist also nicht ohne weiteres auszuschliessen, und jedenfalls zeigt der hier behandelte Fall, wie wenig man berechtigt ist, aus dem blossen zeitlichen Vorangehen der Fackeln an einer bestimmten Stelle auf die primäre Entstehung derselben zu schliessen, bevor man nicht das betreffende Thätigkeitsgebiet bis zu seinem ersten Stadium zurückverfolgt hat. Fälle von so lange andauernder, wenn auch stark schwankender Thätigkeit an derselben Stelle, wie der vorliegende, sind also eigentlich am wenigsten geeignet, zur Entscheidung dieser Frage beizutragen; hierfür wird man zweckmässiger diejenigen wählen, wo die einzelnen Thätigkeitsbereiche noch deutlich voneinander getrennt sind, und der Neubeginn der Thätigkeit an einem bestimmten Orte sich nach Zeit und Beschaffenheit ganz unzweifelhaft feststellen lässt; dies ist nach einem Minimum bei wiedererwachender Thätigkeit der Sonne ungleich leichter als mitten in einer Maximalphase der letzteren, auf welche auch das hier besprochene Beispiel fällt.

In bezug auf die Protuberanzen geht aus den von Wolfer entworfenen Karten zunächst die bekannte Thatsache hervor, »dass die metallischen Protuberanzen immer nur in unmittelbarer Nähe der Fleckengruppen auftreten. Dass nicht alle Fleckengruppen von solchen begleitet erscheinen, erklärt sich wenigstens zum Teile daraus, dass erstlich die Möglichkeit der Wahrnehmung sich nur auf die Zeiten beschränkt, wo die betreffende Fleckengruppe am Sonnenrande steht, und dass zweitens bei dem intermittierenden Charakter der metallischen Protuberanzen ihre Wahrnehmung häufig vom Zufalle abhängt, wenn die Beobachtung nicht andauernd fortgesetzt wird. Von den Wasserstoffprotuberanzen befinden sich dagegen die meisten und namentlich die grössten derselben nicht bloss ausserhalb der Flecken-, sondern auch der Fackelgebiete, und ihr Auftreten innerhalb derselben bildet sogar die Ausnahme. Die grosse Mehrzahl liegt südlich von der dem Pole zugewandten Seite der Fackelgruppen, nämlich innerhalb der eigentlichen Protuberanzenzonen, wie sie durch die langjährigen Beobachtungen der heliographischen Breiten der Protuberanzen durch Tacchini und Riccò festgestellt worden sind. Eine Beziehung dieser Protuberanzengruppen zu den Fackelgebieten ist aus den vorliegenden Karten nicht ersichtlich; immerhin weist das ununterbrochene Auftreten derselben in dieser Gegend ebenfalls auf einen andauernden Thätigkeitszustand an dieser Stelle hin, der sich deutlich von den übrigen benachbarten Teilen der Protuberanzenzone abhebt. Eine derartige Beziehung ist nach dem bis jetzt

vorliegenden Materiale nicht unwahrscheinlich und wird demnächst an anderer Stelle ausführlicher dargestellt werden. Jedenfalls ist aber auch hier schon zu ersehen, dass bei den Wasserstoffprotuberanzen an eine besondere Ursache zu denken ist, die sich von den flecken- und fackelnerzeugenden durchaus unterscheidet, auch wenn ihre Existenz und Wirkungsweise denselben langperiodischen Schwankungen wie jene unterliegt.«

In den letzten Jahren sind, namentlich von Wilsing und Belopolsky, neuestens von Stratonoff, mehrfach Untersuchungen darüber angestellt worden, ob das für die Sonnenflecke konstatierte Carrington'sche Rotationsgesetz auch für die Fackeln gelte, welche bis jetzt nicht zu übereinstimmenden Resultaten geführt haben. Ein Fackelgebiet von so ungewöhnlicher Dauer und Ausdehnung wie das hier besprochene legt einen entsprechenden Versuch nahe. Der Weg, auf welchem man den Rotationswinkel der Sonne aus beobachteten Fleckenörtern ableitet, ist indessen bei den Fackeln deshalb nicht mit gleicher Sicherheit anwendbar, weil hier die Möglichkeit der Identifizierung der an verschiedenen Tagen beobachteten Objekte weit schwieriger ist, als bei den Flecken. Da aber die Fackeln sich um bestimmte Thätigkeitszentren deutlich gruppieren und an diesen Stellen sich durch lange Zeiträume erhalten, beziehungsweise immer wieder neu bilden, so liegt es näher, die Untersuchung statt auf die einzelnen Fackeln, auf die Gruppen als Ganze zu beziehen, besonders da die vom Verf. gegebene graphische Darstellungsform der Fackelverteilung in einfacherer und deutlicherer Weise zur Kenntnis ihrer Gruppierung führt als irgend eine andere, und mit aller Sicherheit Ort, Umfang und Bewegungsweise derselben erkennen lässt. Denkt man sich nun den Ort einer solchen Gruppe z. B. durch ihren Schwerpunkt oder ihren geometrischen Mittelpunkt bezeichnet, so liegt es in der Natur der Sache, dass derselbe sich nicht mit der gleichen Genauigkeit angeben lässt, wie derjenige einer einzelnen Fackel oder eines Fleckes, ein Umstand, der aber grösstenteils durch die weit längere Dauer des Zeitraumes aufgewogen wird, über welchen die Verfolgung der Bewegung sich erstrecken kann.

Verf. hat von diesen Gesichtspunkten aus eine spezielle Untersuchung angestellt und kommt zu dem Ergebnisse, dass für die Fackeln im vorliegenden Falle sich eine nahe gleich mittlere Bewegung ergiebt, und zwar in sehr guter Übereinstimmung mit den lediglich für die Flecke geltenden Formeln von Spörer und Faye.

Sonnenbeobachtungen auf dem Observatorium des Collegium Romanum. P. Tacchini giebt[1]) ein Verzeichnis der daselbst 1894 beobachteten Flecke, Fackeln und Protuberanzen. Vom September 1891 bis Ende 1894 war die Sonne an keinem Tage frei von Flecken, das Maximum scheint Mitte 1893 eingetreten zu

[1]) Astrophys. Journal 1. p. 210. 2. p. 26.

sein. Die Fackeln waren 1894 an Zahl und Höhe in fortschreitender Abnahme. Die Protuberanzen waren am zahlreichsten in den südlichen Zonen, eine Eigentümlichkeit, die auch 1893 und in den drei letzten Quartalen 1892 beobachtet wurde. In den Regionen um den Nordpol waren die Protuberanzen stets schwach und selten. Auch die Flecke und Fackeln kamen am zahlreichsten in den südlichen Zonen vor. Die Sonnenthätigkeit war also während der angegebenen Zeit am stärksten in der südlichen Hemisphäre, welches anzeigt, »dass die Sonnenrotation nicht bestimmend für das Hervorbringen der genannten Phänomene sein kann«.

Sonnenbeobachtungen 1894 zu Catania hat A. Mascari als Fortsetzung der Beobachtungen Prof. A. Riccò's angestellt[1]). Die Beobachtungen geschahen am zwölfzolligen Refraktor, mittels dessen ein Sonnenbild von 0.57 *m* Durchmesser auf einen Schirm projiziert ward, auf welchem dann die Umrisse der Flecke gezeichnet wurden. Darauf wurden die Positionswinkel der am Sonnenrande sichtbaren Fackeln bestimmt. Die Protuberanzen wurden mit einem Spektroskope mit Rutherfurd'schem Gitter untersucht, und zwar wurden als Protuberanzen alle Hervorragungen von mindestens 30″ betrachtet, während die minder hohen als zur Chromosphäre gehörig behandelt wurden. Im ganzen sind 1894 an 312 Tagen Flecke, an 173 Fackeln und an 247 Protuberanzen gesehen worden, an einem Tage war die Sonne frei von Flecken, und an drei Tagen wurden keine Protuberanzen gesehen; Fackeln fehlten niemals. Die Häufigkeit dieser Phänomene nahm im allgemeinen ab. Was die Verteilung derselben auf die Sonne in Breitenzonen von je 10^0 anbelangt, so ergiebt sich: 1. für die Fackeln ein ausgesprochenes Maximum zwischen 10^0 und 20^0 in beiden Hemisphären, ein sekundäres Maximum zwischen 60^0 und 70^0 südl. Br. und ein Minimum in den Polargegenden; 2. für die Protuberanzen ein markiertes Maximum zwischen 20^0 und 30^0 Breite in beiden Hemisphären, während das absolute Maximum des Jahres auf die südliche Hemisphäre zwischen 70^0 und 80^0 fällt, das absolute Minimum aber auf die nördliche Hemisphäre zwischen 50^0 und 60^0. Ein anderes sekundäres Maximum fällt zwischen 70^0 und 80^0 der nördlichen Hemisphäre. Aus diesen Beobachtungen ergiebt sich bezüglich der Protuberanzen, dass die sekundären Maxima von 1893 in beiden Hemisphären sich gegen den Äquator hin bewegt haben, während das absolute Maximum sich etwa 10^0 gegen den Südpol hin verlagerte.

Eine ungewöhnlich grosse Sonnenprotuberanz. Am 24. Dezember 1894 beobachtete P. H. Fényi in Kalocsa eine Protuberanz von ganz ungewöhnlicher Grösse. Er fand $9^h\ 15^m$ Greenwicher Zeit am westlichen Sonnenrande zwischen 26^0 und 36^0 südl. Br. eine sehr helle, aber sonst nicht besonders bemerkenswerte Protuberanz von

[1]) Astrophys. Journal 2. p. 119.

126″ Höhe. Nachdem der Beobachter den ganzen Umfang der Sonnenscheibe durchmustert hatte, kehrte er zu jener Stelle zurück und fand 10^h 15^m die Protuberanz 216″ hoch in einem Zustande rapider Entwickelung. Er bestimmte nun durch wiederholte Messungen die zunehmende Höhe bis 12^h 9^m, als das Gebilde sich wieder aufzulösen begann. Von 9^h 15^m bis 10^h 17^m war die Protuberanz in einem Zustande von verhältnismässiger Ruhe. Sie stieg während dieser Zeit mit einer Geschwindigkeit von etwa 16 *km* in der Sekunde empor. Von 10^h 20^m bis 10^h 33^m wuchs sie plötzlich mit der grossen Geschwindigkeit von 131 *km* pro Sekunde, worauf ihre Geschwindigkeit sogar noch mehr zunahm, bis das Ganze um 10^h 55^m 21^s die ungeheure Höhe von 11′ 1″ oder 0.676 des Sonnenhalbmessers erreichte. Die nunmehr beginnende Auflösung geschah ebenso rapid wie die Entwickelung, aber weniger gleichförmig. Um 11^h 39^m hatte die Protuberanz nur noch 157″ Höhe, und 12^h 9^m sah man an ihrem Orte selbst noch eine schwache Erhebung, um 6^h endlich war dort nichts mehr wahrzunehmen. Sehr bemerkenswert ist, dass die Protuberanz ziemlich lange in einem Zustande verhältnismässiger Ruhe verharrte, dann aber plötzlich und heftig emporstieg und endlich bei ihrer Auflösung völlig bis zum Niveau der Chromosphäre verschwand. Die Struktur dieser Protuberanz war die nämliche wie jene der beiden grossen Protuberanzen vom 19. und 20. September 1893. Sie bestand in der Hauptsache aus hellen Bändern oder Streifen, welche gewissermassen in ein Bündel zusammengefasst waren, das in der Verlängerung des Sonnenradius lag. Die feinen Fäden waren hier und da zu schmalen, länglichen Fragmenten zusammengedreht, welche sehr hell in der Mitte, aber diffus an den Rändern erschienen. Dieses Aussehen wurde vielleicht durch die rasche Bewegung in der Gesichtslinie verursacht. Verschiebungen des Bildes bisweilen gegen Rot und bisweilen gegen Violett, zeigten dem Beobachter, dass die Bewegung in der Gesichtslinie näherungsweise ebenso schnell war, als diejenige des Emporsteigens. Die Auflösung der Protuberanz geschah von oben nach unten fortschreitend, indem die oberen Teile abbleichten und verschwanden. Die Linie von der Wellenlänge λ 6677, welche gewöhnlich bei solchen Eruptionen sichtbar ist, war dieses Mal nicht zu sehen. Es war also kein leuchtendes Gebilde auf der Sonnenscheibe vorhanden, welches in Beziehung zu dieser Protuberanz gebracht werden kann[1]).

Eine grosse eruptive Protuberanz wurde am 25. März 1895 von Ellerman auf der Sternwarte zu Chicago beobachtet und photographiert[2]). Ihre Höhenentwickelung, gemessen an der K-Linie, war:

10^h	34^m	300″ =	135 200	engl. Meilen.
10	40	359″ =	161 500	» »
10	58	624″ =	280 800	» »

[1]) Astrophys. Journal 1. p. 212.
[2]) Astrophys Journal 1. p. 433.

Um $11^h\ 6^m$ war der obere Teil der Protuberanz verschwunden, und die Hα Linie konnte nur noch bis zu einer Höhe von 4′ verfolgt werden. Um den Eruptionspunkt herum waren am Sonnenrande keine Fackeln sichtbar.

Über die Ursache der Granulation der Sonnenoberfläche verbreitete sich Prof. J. Scheiner[1]). Über die Dichtigkeit der Gase an der Sonnenoberfläche, d. h. in den obersten Schichten der Photosphäre, gehen die Ansichten der Astronomen weit aus einander. »Im allgemeinen,« sagt er, »scheint man diese Dichtigkeit als eine sehr geringe anzunehmen. Bereits vor einigen Jahren habe ich darauf aufmerksam gemacht, dass man in Zukunft Sonnentheorien nur unter Berücksichtigung des Umstandes aufstellen sollte, dass die Dichtigkeit der Gase an der Oberfläche der Sonne von fast unvorstellbar geringem Grade sei. Bei den meisten der bisherigen Sonnentheorien ist diese unerlässliche Annahme nicht genügend beachtet, so dass die Veränderungen auf der Sonnenoberfläche, die wir zu beobachten Gelegenheit haben, als grossartige und gewaltige Umwälzungen erscheinen, eine Vorstellung, die unter der Annahme sehr geringer Dichtigkeiten vollkommen verschwindet.

Die Gründe für die Annahme sehr geringer Dichtigkeiten brauche ich hier nicht näher aus einander zu setzen; es genüge der Hinweis auf die geringe Breite der Spektrallinien und auf die Thatsache, dass die Kometen, welche sehr nahe der Sonnenoberfläche vorüber gegangen sind, keine nachweisbare Störung ihrer Bahn durch Widerstandskräfte erfahren haben.

Gase von hoher Temperatur und sehr starker Verdünnung befinden sich in nahe idealem Zustande, und auf dieselben können daher die Gesetze der mechanischen Wärmetheorie im vollsten Umfange angewendet werden. Egon v. Oppolzer hat diesen günstigen Umstand benutzt und in seiner sehr beachtenswerten Schrift: Über die Ursache der Sonnenflecke, Sitzungsber. der Wien. Akad. 1893, in genau entsprechender Weise, wie dies in der neueren Meteorologie geschieht, eine streng mathematisch aufgebaute Fleckentheorie entwickelt. Selbst, wenn man nicht mit allen Schlussfolgerungen dieser Theorie einverstanden sein sollte, würde doch v. Oppolzer das Verdienst gebühren, wenigstens den Weg gezeigt zu haben, auf welchem mechanische Deutungen der Erscheinungen in der Sonnenatmosphäre zum Ziele führen werden.

Ich glaube, nun noch einen Schritt weiter gehen zu können durch Anwendung der für die Meteorologie von so fundamentaler Bedeutung gewordenen Helmholtz'schen Untersuchungen über Wellenbildungen in unserer Atmosphäre auf die Sonne.

Nach der Helmholtz'schen Theorie entstehen beim Übereinandergleiten zweier Luftschichten von verschiedener Temperatur, also ver-

[1]) Astron. Nachr. **137.**

schiedener Dichtigkeit, Luftwellen in der gleichen Weise, wie beim Hingleiten von Luft über Wasser. Ist die untere Schicht mit Wasserdampf nahe gesättigt, so findet in den Wellenbergen durch Druckverminderung Kondensation statt. Die Wellenberge zeigen sich unter diesen Umständen als Wolken, die Thäler als leere Zwischenräume; es entstehen also die mehr oder weniger regelmässigen Reihen der Cirruswolken. Erfolgen die Anstösse zur Wellenbildung in zwei verschiedenen Richtungen, so durchkreuzen sich die Wellenzüge, und es tritt dann die als Schäfchenwolken benannte Figuration ein. Helmholtz hat gezeigt, dass unter der Annahme der Temperaturen von 0° und 10° für die beiden Schichten bereits bei der geringen Windgeschwindigkeit von 10 *m* in der Sekunde Wellen von nahe 1 *km* Länge entstehen müssen und bei starken Luftbewegungen Wellen bis zu 30 *km* Länge, die sich dann nicht mehr als solche durch den Anblick verraten, sondern als sogenannte Böen in die Erscheinung treten.

Die grosse Ähnlichkeit im Aussehen der Photosphäre mit einem irdischen Cirrusgewölk ist schon lange bekannt, und die Vorbedingungen für die Anwendung der Helmholtz'schen Theorie auf die Sonnenatmosphäre sind zweifelsohne vorhanden: Die Existenz verschiedener Schichten von verschiedener Temperatur, Zustand der Übersättigung mit kondensierbaren Gasen (in der Photosphäre), verschiedene Strömungen in den verschiedenen Schichten. Ich betrachte demnach die hellen Körner der Photosphäre als die durch Kondensation oder wenigstens vermehrte Kondensation sichtbar gewordenen Wellenberge sich durchkreuzender Wellensysteme.

Die vermehrte Kondensation in den Wellenbergen bedingt noch eine Abnahme des spezifischen Gewichtes und damit ein Bestreben dieser Berge, sich noch höher zu erheben, als aus der Theorie allein folgt.

Ein stichhaltiger Einwurf gegen die Zulässigkeit der eben kurz angedeuteten Erklärung der Sonnengranulation könnte m. E. nur dann erhoben werden, wenn die Länge der Wellen auf der Sonnenoberfläche, also der mittlere Abstand der einzelnen Körner voneinander zu unzulässigen Werten der Temperaturdifferenzen oder der Geschwindigkeiten führen sollte. Eine genaue Rechnung ist nicht durchführbar, da der Spielraum in der Wahl der Konstanten auf der Sonne ein zu grosser ist. Dagegen kann man leicht erkennen, dass infolge der hohen Temperatur für das Helmholtz'sche σ ein sehr günstiger Wert wahrscheinlich wird, und damit Wellenlängen von der verlangten Grösse — 1″ bis 3″ = 1000 bis 3000 *km* — auch ohne übermässige Windgeschwindigkeiten resultieren.

Gerade der Umstand, dass die Granulation ziemlich gleichförmig über die ganze Oberfläche verteilt ist, und dass besonders keine im Verhältnisse zur mittleren Grösse der Körner auffallende Grösse derselben vorkommt, etwa in der Art, wie in unserer Atmosphäre das Verhältnis zwischen Cirrus- und Regengewölk besteht, lässt die oben

angedeutete Erklärung der Granulation wahrscheinlicher erscheinen als die bisherigen Erklärungsversuche.«

Die Linie D_3 des Spektrums der Chromosphäre. In dem sehr seltenen Minerale Cleveït (welches im Jahre 1878 durch Nordenskjöld bekannt geworden ist) hat Hillebrand 1890 ein Gas entdeckt, welches er für Stickstoff hielt, das aber nach den Untersuchungen von Ramsay ein Spektrum giebt, welches mit dem Spektrum des Argons grösstenteils zusammenfällt. Es unterscheidet sich indessen vom atmosphärischen Argon dadurch, dass es eine helle gelbe Linie im Spektrum zeigt, die, wie W. Crookes gefunden, mit der Linie übereinstimmt, welche man in der Chromosphäre der Sonne kennt, und die man einem bisher auf der Erde nicht bekannten Stoffe zuschreibt, welcher den Namen Helium erhalten hat. Diese Übereinstimmung wurde von Langlet bestätigt, und Clève glaubt, dass das aus dem genannten Minerale durch Erhitzen erhaltene Gas, in welchem er keine Argonlinie fand, reines Helium sei. C. Runge hat dann gefunden, dass die gelbe Linie des Cleveïtgases eine Doppellinie ist, und es war daher für die Identifizierung derselben mit der D_3-Linie des Sonnenspektrums von äusserster Wichtigkeit, zu untersuchen, ob letztere auch doppelt erscheint. Diese Untersuchung ist fast gleichzeitig von George E. Hale und von W. Huggins ausgeführt worden [1]), und beide haben gefunden, dass die D_3-Linie des Sonnenspektrums in der That auch doppelt ist. Huggins bemerkt, dass die beiden Komponenten der Linie in der Chromosphäre nahe am Sonnenrande breiter sind und deshalb ihre Trennung dort nicht leicht gesehen werden kann, höher hinauf werden sie aber dünner und zeigen sich als ein paar äusserst feine Linien, von welchen die weniger brechbare die feinste ist. George E. Hale sah die feine begleitende Linie an der weniger brechbaren Seite von D_3 zuerst am 20. Juni 1895 in einer hellen Protuberanz, ebenso am folgenden Tage in einer anderen Protuberanz. Die Wellenlänge der Linie D_3 wurde an beiden Tagen bestimmt und im Mittel zu 5875.924 μ gefunden, was ungefähr dem Mittel der Bestimmungen von Rowland und Runge-Paschen entspricht. Der Abstand der schwachen von der Hauptlinie ist 0.357 μ. Schon Belopolsky hat D_3 doppelt gesehen, allein er glaubte die Duplizität dadurch entstanden, dass eine feine (dunkle) tellurische Linie sich auf die helle D_3-Linie projiziere, und dieses ist nach George E. Hale auch thatsächlich bisweilen der Fall. Die wahre Begleitlinie von D_3 hat Belopolsky nicht gesehen. Es kann nunmehr keinem Zweifel unterliegen, dass das Gas, welches der Cleveït einschliesst, wirklich mit dem Helium in der Sonnenchromosphäre identisch ist. Nach den Bestimmungen von Clève ist es 2.02 mal so schwer als Wasserstoff, besitzt also eine sehr geringe Dichte. Dies stimmt damit überein, dass es stets in der Chromosphäre der Sonne vorhanden ist.

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3302.

Ultraviolette Strahlung der Sonnenkorona während der totalen Sonnenfinsternis am 16. April 1893. Über die Beobachtung der ultravioletten Strahlung der Sonnenkorona während der totalen Sonnenfinsternis im April 1893, zu deren Studium Deslandres nach dem Senegal geschickt worden war, erstattete er der Pariser Akademie ausführlichen Bericht.

Bekanntlich konnte die Korona der Sonnenatmosphäre bis jetzt nur bei Sonnenfinsternissen während der sehr kurzen Zeit der Totalität beobachtet werden; nach den glänzenden Erfolgen der Spektroskopie bei der Sonnenfinsternis vom Jahre 1868 ist daher bei jeder Wiederkehr dieses Phänomens das Spektroskop zur Untersuchung des Koronalichtes verwendet worden. Man hatte so gefunden, dass die Korona durch das Übereinanderliegen von drei verschiedenen Lichtarten gebildet werde, nämlich 1. von einem Lichte mit verhältnismässig intensivem kontinuierlichen Spektrum, das von glühenden Staubteilchen herrührt; 2. einem Lichte mit feinen, hellen Linien, welche die Gase der Sonnenatmosphäre angeben; 3. einem Lichte mit dunklen Linien, das schwach ist und von der Diffusion des Lichtes der Sonnenscheibe herrührt. Die feinen, hellen Linien boten wegen der Aussage, die sie über die in der Sonnenatmosphäre enthaltenen Gase machen, ein ganz besonderes Interesse. Anfangs musste sich die Beobachtung auf den intensivsten Teil des leuchtenden Spektrums beschränken; erst seit 1882 wurde mit Hilfe der Photographie ein weiterer Abschnitt des Spektrums verwertet, doch reichte dieser nur bis zur Wellenlänge λ 360, weil hier die Absorption der gewöhnlichen Gläser dem Spektrum ein Ende macht. Man weiss aber, dass das Sonnenspektrum noch bis λ 295 reicht; Deslandres stellte sich daher die spezielle Aufgabe bei der Sonnenfinsternis von 1893 das Spektrum der Korona besonders in diesem dritten Abschnitte, jenseits der Wellenlänge λ 360, zu untersuchen.

Zu diesem Zwecke bediente er sich eines Apparates, in welchem die Linsen und Prismen aus isländischem Kalkspate und Quarze, die für ultraviolettes Licht sehr durchlässig sind, hergestellt waren; das Spektroskop mit einem Prisma von 60° brechendem Winkel war an einem grossen Siderostaten angebracht, der, durch einen Regulator in Bewegung versetzt, der Bewegung des Himmels folgte. Der radiale Spalt schnitt ein Stück der Korona in der Nähe des Äquators aus. Der Apparat blieb während der ganzen Dauer der Totalität, vier Minuten lang, exponiert, und kurz darauf liess man zwei elektrische Eisenfunken auf den Spalt fallen, um auf der Photographie die Eisenlinien als Massstab für die Koronalinien zu haben.

Das so photographierte Spektrum ist kontinuierlich und zeigt kleine, helle Linien, aber keine dunklen. Durch Vergleichung mit dem Eisenspektrum überzeugt man sich, dass das Koronaspektrum bis zur Wellenlänge λ 300 reicht; die Strahlung der Korona ist

daher im Ultraviolett ebenso weit entwickelt, wie die der Sonnenscheibe, aber sie ist verhältnismässig sehr schwach; das kontinuierliche Spektrum, das im Blau noch intensiv ist und eine Höhe besitzt gleich $^2/_3$ des Sonnendurchmessers, wird im Ultraviolett immer schwächer und schmäler, so dass es bei λ 300 nur noch eine Linie bildet; zum Teil mag diese Abschwächung herrühren von der starken Absorption des kurzwelligen Lichtes in der Erdatmosphäre.

Vierzig helle Linien konnten zwischen den Wellenlängen 308.98 und 362.90 gemessen werden; die Linien der schon früher photographierten Partie des Koronaspektrums, welche sieben ultraviolette Wasserstofflinien umfassen, sind in der Liste von Deslandres nicht mit aufgeführt. Hervorgehoben wird eine Linie λ 317.09, welche in grösserer Höhe der Sonnenatmosphäre sichtbar war, und drei andere, als Koronalinien bezeichnete (316.45; 318.95 und 323.71); die übrigen können sowohl der Chromosphäre, wie der Korona angehören, doch ist letzteres wahrscheinlicher. Die meisten konnten auf bekannte Elemente nicht bezogen werden; sie repräsentieren die Gase der Sonnenatmosphäre und haben wahrscheinlich ein sehr geringes Atomgewicht.

Die Beobachtung der totalen Sonnenfinsternis am 16. April 1893 zu Minor Bronces in Chile. J. M. Schaeberle hat den Bericht über die von der Lick-Sternwarte zur Beobachtung dieser Finsternis ausgesandte Expedition veröffentlicht[1]). Die gewählte Station lag den Beobachtungen zufolge in -28^0 26′ 3″ Br. und 4^h 41^m 22.5^s westl. L. Gr., sowie in 6600 Fuss Höhe über dem Spiegel der Südsee. Die photographischen Aufnahmen sind, wie längst bekannt[2]), vollkommen gelungen, und die Schlüsse, welche Schaeberle daraus auf die Struktur und Natur der Sonnenkorona zog und bereits früher publizierte[3]), werden in dem vorliegenden definitiven Berichte bestätigt. Tafel I zeigt das Aussehen der inneren Teile der Korona nach einer der photographischen Aufnahmen.

Planeten.

Planetoidenentdeckungen. Nach der Zusammenstellung von Paul Lehmann[4]) sind folgende Planeten aus der Gruppe zwischen Mars und Jupiter 1894 entdeckt worden:

(379) AQ	am	8. Jan.	von	Charlois	in	Nizza
(380) AR	»	8.	»	»	»	»
(381) AS	»	10.	»	»	»	»
(382) AT	»	29.	»	»	»	»
(383) AU	»	29.	»	»	»	»

1) Contributions from the Lick-Observatory Nr 4. Sacramento 1895.
2) Klein, Jahrbuch 4. p. 3.
3) a. a. O. p. 5.
4) Vierteljahrsschrift der Astron. Gesellschaft 30. p. 116 u. ff.

(384)	AV	am	11. Febr.	von	Courty	in	Bordeaux
(385)	AX	»	1. März	»	Wolf	»	Heidelberg
(386)	AY	»	1. »	»	»	»	»
(387)	AZ	»	5. »	»	Courty	»	Bordeaux
(388)	BA	»	7. »	»	Charlois	»	Nizza
(389)	BB	»	8. »	»	»	»	»
(390)	BC	»	24. »	»	Bigourdan	»	Paris

Ausserdem wurden noch folgende Planeten, über deren Bahnen, mit einer Ausnahme, bisher noch nichts ermittelt ist, aufgefunden:

AW	am	30. Jan.	von	Wilson	in	Northfield
BD	»	1. Nov.	»	Wolf	»	Heidelberg
BE	»	1. »	»	»	»	»
BF	»	4. »	»	»	»	»
BG	»	4. »	»	»	»	»
BH	»	19. »	»	Borrelly	»	Marseille
BK	»	30. »	»	Charlois	»	Nizza
BL	»	1. Dez.	»	»	»	»
BM	»	19. »	»	»	»	»
BN	»	28. »	»	»	»	»

Planet AW konnte nicht mit einer Nummer bezeichnet werden, weil derselbe überhaupt nur zweimal beobachtet wurde, und von dem Planeten BI, welcher in der vorstehenden Liste fehlt, stellte sich heraus, dass er identisch ist mit Planet (369). Die Nummer (359), welche bisher unter den Planeten noch keinen Vertreter hatte, ist inzwischen dem mit 1893 M bezeichneten Planeten beigelegt worden.

In bezug auf die Helligkeiten der neuen Planeten wurden folgende Werte für die mittlere Grösse m_0 und für die Grössengrenze m_1 und m_2 zur Zeit der Opposition gefunden.

	m_0	m_1	m_2		m_0	m_1	m_2
(379)	12.6	11.4	13.5	(386)	10.5	9.3	11.4
(380)	12.6	11.8	13.2	(387)	9.6	7.9	10.8
(381)	12.4	11.7	12.9	(388)	11.7	11.3	12.0
(382)	12.1	11.2	12.8	(389)	11.1	10.7	11.5
(383)	13.3	12.2	14.1	(390)	13.2	12.4	13.9
(384)	11.7	10.7	12.5	BE	13.4	11.8	15.0
(385)	10.3	9.5	11.0				

Bemerkenswertere Ähnlichkeiten der Bahnelemente zeigen sich bei folgenden Planeten:

	Ω	i	φ	a
(379)	Ω = 172.7°	i = 1.6°	φ = 11.1°	a = 3.13
(50)	173.8	2.8	16.8	2.65
(358)	172.9	3.5	8.4	2.88
(380)	Ω = 95.2	i = 6.2	φ = 6.6	a = 2.68
(40)	93.6	4.3	2.7	2.27
(274)	93.8	3.7	7.1	3.04
(261)	96.4	3.6	5.2	2.33
(383)	Ω = 93.2	i = 2.6	φ = 9.9	a = 3.12
(27)	93.9	1.6	10.0	2.35
(274)	93.8	3.7	7.1	3.04

(384)	☊ = 48.0	i = 5.6	φ = 8.5	a = 2.65
(118)	47.6	7.8	9.4	2.45
(26)	45.9	3.6	5.0	2.66
(385)	☊ = 345.7	i = 13.7	φ = 7.5	a = 2.85
(134)	346.2	11.6	6.7	2.56
(101)	343.5	10.2	8.0	2.58
(388)	☊ = 355.4	i = 6.5	φ = 3.7	a = 3.00
(29)	356.7	6.1	4.3	2.55
(327)	355.5	7.1	4.2	2.78
(224)	353.5	5.9	2.4	2.65
(389)	☊ = 282.8	i = 8.1	φ = 3.7	a = 2.60
(371)	284.4	7.5	4.2	2.73

Die Bahnelemente der vier inneren Planeten und die Fundamentalkonstanten der Astronomie. Für die Elemente und Konstanten der Astronomie, welche in die rechnerischen Untersuchungen eingehen, existieren zur Zeit mehr oder weniger genaue Werte, unter denen die Wahl frei erscheint. Diese Sachlage bringt für manche Untersuchungen beträchtliche Nachteile mit sich, und diese müssen in dem Masse grösser werden, als der gegenwärtige Zustand länger dauert. Prof. Newcomb hat deshalb seit 1877 die grosse Arbeit unternommen, definitive Werte der hauptsächlichsten Elemente und Konstanten abzuleiten, eine Arbeit, die erst jetzt vollendet und publiziert ist[1]).

Der Untersuchung zu grunde liegen fast sämtliche vorhandene und überhaupt brauchbare Meridianbeobachtungen der Sonne, des Merkur, der Venus und des Mars aus den Jahren 1850—1891, nämlich 40176 Beobachtungen der Sonne, 5421 des Merkur, 12319 der Venus und 4114 des Mars. Sämtliche Beobachtungen wurden auf das gleiche System der Rektaszensionen und Deklinationen reduziert und mit den auf Grundlage der Leverrier'schen Planetentafeln, aber verbesserter Werte für die Massen, berechneten Planetenörtern verglichen. Die Abweichungen zwischen Rechnung und Beobachtung gewährten dann die Daten zur Verbesserung der Bahnelemente der Planeten. Ausser den Meridianbeobachtungen wurden die Beobachtungen der Vorübergänge des Merkur und der Venus vor der Sonne benutzt, und besonders die letzteren lieferten sichere Bestimmungen.

Bezüglich der Planetenmassen schlägt Newcomb vor, als Wert für die Masse des Jupiter $\frac{1}{1047.35}$ festzuhalten, den Mittelwert aus allen Beobachtungen der Jupitersmonde, des Faye'schen Kometen (Möller), der Störungen der Themis (Krueger), des Saturn (Hill), der Polyhymnia, und der Störungen des Winnecke'schen Kometen (v. Haerdtl).

---

[1]) Supplement to the American Ephemeris for 1897. Washington 1895.

Für die Masse des Mars wurde der von Hall abgeleitete Wert $\left(\frac{1}{3093500}\right)$ angenommen, für die Masse der Erde und des Mondes $\frac{1}{328016}$ (wobei die Mondmasse $= \frac{1}{81.45}$ der Erdmasse), für die der Venus $\frac{1}{406750}$ und des Merkur $\frac{1}{6944444}$. Die diesen Massen entsprechenden säkularen Veränderungen der Planetenelemente wurden dann der Theorie gemäss berechnet und mit den aus den Beobachtungen abgeleiteten verglichen. Es ergab sich, dass in der Bewegung des Merkurperihels, der Knoten der Venusbahn, des Marsperihels und der Änderung der Exzentrizität der Merkurbahn Abweichungen zwischen Rechnung und Beobachtung existieren, welche die zulässigen Fehler der Bestimmungen erheblich überschreiten. Zur Erklärung dieser Abweichungen sind verschiedene Hypothesen aufgestellt worden, aber keine genügt nach den Untersuchungen Newcomb's, um sie als zulässig zu erachten. Im Verfolge der bezüglichen Untersuchungen giebt er eine neue Bestimmung der sogenannten Präzessionalkonstanten, sowie der Nutationskonstanten. Für letztere wird als Ergebnis sämtlicher Beobachtungen angenommen: $9.210'' \pm 0.008''$. Unter der ferneren Annahme von $50.36'' \pm 0.006''$ als Wert der Lunisolarpräzession findet sich dann für die Masse des Mondes der Wert $\frac{1}{81.58 \pm 0.20}$. Als Wert für die Konstante der Aberration ergiebt sich aus allen Normalbestimmungen in Pulkowa im Mittel: $20.493'' \pm 0.011''$; das Mittel aller anderen Bestimmungen ist dagegen: $20.463'' \pm 0.013''$. Der Unterschied von $0.030''$ ist nach Prof. Newcomb's Ansicht so viel grösser als die mittleren Fehler, dass der Verdacht eines konstanten Irrtums in einem oder den beiden Mittelwerten begründet erscheint. Bezüglich der Sonnenparallaxe diskutiert Prof. Newcomb sehr ausführlich die bisher erhaltenen Werte und kommt zu dem Ergebnisse, dass der Wert von $8.790''$ gegenwärtig als der zuverlässigste zu betrachten sei, den er auch seinen Tafeln zu grunde legt. Hieraus und aus der Lichtgeschwindigkeit von 299860 *m* folgt als Konstante der Aberration der Wert von $20.501''$.

Als Endergebnis seiner Untersuchungen giebt er dann folgende definitiven Elemente der vier inneren Planeten für die Epoche 1850 Januar 0.4 Mittag m. Z. von Greenwich.

	Merkur	Venus	Erde	Mars
Mittlere Bewegung in 100 Jahren	538106653.72"	210669161.47"	129602766.74"	68910104.50"
Exzentrizität in Bogen	42408.861"	1411.796"	3459.454"	19237.004"

	Merkur	Venus	Erde	Mars
Länge des Perihels	75° 7′ 19.37″	129° 27′ 34.5″	100° 21′ 41.0″	333° 17′ 54.87
Mittl. Länge	323 11 23 83	243 57 44.13	99 48 18.74	83 9 16.16
Neigung der Bahn	7 0 7.00	3 23 35.26	—	1 51 2.45
Länge des aufst. Knotens	46 33 12.24	75 19 49.45	—	48 24 0.92

Die säkularen Veränderungen der Bahnelemente dieser vier Planeten für die Epoche 1600, 1850 und 2100 ergaben sich entsprechend den definitiv angenommenen Massen wie folgt:

	Merkur			Venus		
	1600	1850	2100	1600	1850	2100
Exzentrizität . . .	+ 4.257″	+ 4.227″	+ 4.196″	— 9.959″	— 9 866″	— 9.772″
Neigung der Bahn	+ 7 098	+ 6.765	+ 6.438	+ 3 641	+ 3.642	+ 3 606
Perihellänge . . .	5593.41″	5598.70″	5604 02″	5090.07″	5072.44″	5054.92″
Knoten	4262 98	4266.12	4269.24	3230.39	3237.98	3245 22

	Erde			Mars		
	1600	1850	2100	1600	1850	2000
Exzentrizität . . .	— 8.467″	— 8.595″	— 8.727″	+18.775″	+18.706″	+18.623″
Neigung der Bahn	—	—	—	— 2 518	— 2.292	— 2.064
Perihellänge . . .	6179.58″	6187.41″	6195.68″	6621.51″	6623.96″	6626.25″
Knoten	—	—	—	2776.39	2776.87	2776.63

Die mittleren Bewegungen der Planeten sind, ähnlich wie beim Monde, einer säkularen Veränderung unterworfen, die aus der säkularen Veränderung der Bahnelemente entspringt. Prof. Newcomb hat dieselbe berechnet und giebt folgende Tabelle der säkularen Veränderungen der hundertjährigen mittleren Bewegungen:

Wirkung von	Merkur	Venus	Erde	Mars
Venus	—0.0426″	— —	—0 0104″	+0.0010″
Erde	—0.0029	+0.0128″	— —	+0.0119
Mars	+0 0003	—0.0001	—0.0012	— —
Jupiter	—0.0039	—0.0046	—0.0308	+0.0004
Saturn	—0.0004	+0.0015	+0 0021	+0.0036
Total	—0 0495	+0.0096	—0.0403	+0.0169

Für die nachstehenden Werte der Sonnenparallaxe ergeben sich die nebenstehenden Werte der Sonnenmasse (in Teilen der Erdmasse + der Mondmasse):

Parallaxe	Sonnenmasse
8.780″	330514
8 785	329951
8.790	329388
8.795	328827
8.800	328266

Für die Präzession giebt Prof. Newcomb folgenden allgemeinen Ausdruck:

	″	″
Jährliche Präzession in Rektaszension	46.0636	+ 0.0279 T
» » » Länge	50.2371	+ 0.0222 T
Hundertjährige Präzession in Länge	5023.71	+ 2.218 T
Totale Präzession 1850	5023.71 T	+ 1.109 T^2

Der Ausdruck für die mittleren Schiefen ε der Ekliptik ist, wenn T in Jahrhunderten von 1900 gezählt wird:

$$\varepsilon = 23^\circ\, 27'\, 8.26'' - 46.845'' T - 0.0059'' T^2 + 0.00181'' T^3$$

Flecke auf der Oberfläche der Venus. Im Sommer 1895 sind von verschiedenen Beobachtern Flecke und schmale matte Striche auf der Venusoberfläche gesehen worden. L. Brenner schloss aus seinen Wahrnehmungen, dass die Rotationsdauer $23^h\ 57^m\ 7.5^s$ betrage, und hat die von ihm gesehenen matten Flecke zu einer Karte der Venusoberfläche zusammengesetzt, wobei er gleichzeitig eine reichliche Namengebung ausübte, so dass wir nun ein Adriaticum Mare, Belgicum Mare, Germanicum Mare, eine Austria, Britannia, Hispania u. s. w. auf der Venus haben. Demgegenüber verharrt Prof. Schiaparelli bei seiner früheren Behauptung einer sehr langsamen Rotation der Venus, die nicht wesentlich von ihrer Umlaufsdauer verschieden sein könne[1]). Er erklärt die Wahrnehmungen an diesem Planeten wie früher dahin, dass die leichten Flecke und Schattierungen auf dem Planeten, mögen sie auch im allgemeinen auf Vorgängen beruhen, die in seiner Atmosphäre sich abspielen oder abspiegeln, immerhin von der Natur und topographischen Anordnung der darunterliegenden Venusoberfläche abhängen. »Derart können, wenn gewisse Verhältnisse in gleicher Weise wiederkehren, auch die beschriebenen Flecke und Schatten wieder den nämlichen Anblick am nämlichen Orte darbieten, selbst nach langen Zwischenzeiten. Diese Vermutung scheint gegenwärtig einen gewissen Grad von Sicherheit zu gewinnen und wird in fühlbarer Weise unsere Meinungen über die physische Beschaffenheit des Planeten Venus modifizieren können.«

Die jahreszeitlichen Veränderungen auf dem Planeten Mars. Percival Lowell, der mit grossem Erfolge während der jüngsten Opposition des Mars die Oberfläche dieses Planeten studierte, hat seine hauptsächlichsten Wahrnehmungen der Veränderungen, welche jene Oberfläche während dessen erlitten, in Zeichnungen und Erläuterungen zusammengefasst[2]).

Zur genauen Festlegung der Thatsachen erachtet er es mit Recht von höchster Wichtigkeit, dass sämtliche zu vergleichenden Zeichnungen von einer und derselben Person, an ein und demselben Instrumente und möglichst unter gleichen atmosphärischen Verhältnissen gemacht sind. Denn nur in diesem Falle ist es möglich,

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3304.
[2]) Astronomy and Astrophysics Nr. 30. p. 814 u. ff.

die Subjektivität des Beobachters so weit auszuschliessen, dass die Abbildungen in der That streng unter einander vergleichbar sind. Gerade beim Mars spielen die Auffassung des Beobachters, sein Instrument, die Luftverhältnisse und die Fähigkeit der Hand, zu zeichnen, eine ausserordentlich grosse Rolle. Die Abbildungen, welche Lowell veröffentlicht und diskutiert, sind sämtlich von ihm an ein und demselben Fernrohre, bei gleichen Vergrösserungen und gleichen Luftzuständen gezeichnet; überdies beziehen sie sich auf den Zeitraum von einem Monate vor bis einem Monate nach der Opposition des Mars, so dass die Veränderungen der Oberfläche desselben, welche sie zeigen, einen vermutlich jahreszeitlichen Charakter tragen. Diese Veränderungen sind weit bedeutender, als man von vornherein vermutet haben würde, und durchaus unverkennbar. Was ihre Bedeutung anbelangt, so ist es überflüssig, zu bemerken, dass sie zu der unabweisbaren Folgerung führen, dass Mars eine sehr lebensthätige Welt bildet, die innerhalb des jährlichen Cyklus wachsende und abnehmende Thätigkeit an ihrer Oberfläche zeigt, und dass in zweiter Linie dieses jährliche Leben in gewissen interessanten Eigentümlichkeiten sehr von dem abweicht, was wir aus der irdischen Erfahrung kennen.

Die Phänomene der Marsoberfläche bilden offenbar einen Teil einer bestimmten Kette von Veränderungen im dortigen Jahreskreislaufe. Diese Veränderungen erscheinen in ihren allgemeinen Zügen so regelmässig, dass Lowell im stande war, die Bestätigung ihres allgemeinen Verlaufes auch in den Zeichnungen, welche bei früheren Oppositionen erhalten wurden, zu finden. »Ich glaube sogar,« sagt er, »dass es möglich sein wird, mit ebenso grosser Annäherung an die Gewissheit des Eintreffens, wie solche für unsere Wetterprognosen besteht, für den Mars vorauszusagen, nicht wie das Wetter auf ihm sein wird, denn es ist zweifelhaft, ob bei ihm so etwas, was wir vorauszubestimmendes Wetter nennen, besteht, sondern das Aussehen irgend eines Teiles seiner Oberfläche.«

Die Veränderungen im Aussehen der Marsoberfläche beziehen sich nicht auf das Schmelzen des Schnees seiner Polarzonen, ausser insoweit als dieses Schmelzen das erforderliche Vorspiel zu dem ist, was nachkommt, sondern sie beziehen sich auf die Oberfläche selbst. Zum Verständnisse der letzteren ist ein Zurückgreifen auf die Vorgänge an den Polen allerdings erforderlich.

Bei der Erde finden wir, dass das Schmelzen des Schnees in den Polargegenden eine Erscheinung ist, welche dem Erwachen der Natur im Frühlinge folgt, also post hoc geschieht, beim Mars aber scheint es, dass die Schneeschmelze das Erwachen der Natur bedingt, dass es sich also dort um ein propter hoc handelt. Während die Erde an ihrer Oberfläche Wasser genug besitzt, ist es auf dem Mars mit diesem Artikel sehr knapp bestellt, und er muss dieses zum Jahresgebrauche aus seinen Polarreservoirs beziehen. Von dem Schmelzen des Schnees und dem Freiwerden des Wassers behufs

Zirkulation scheinen alle Phänomene auf der Marsoberfläche abzuhängen. Die Beobachtungen, auf welche diese Schlussfolgerung begründet ist, erstrecken sich über einen Zeitraum von mehr als fünf Monaten, von Anfang Mai bis zum 7. November, und beziehen sich auf die Marsregionen zwischen dem Südpole und 30° nördl. Br. Für die südliche Marshemisphäre begann der Frühling am 7. April 1894, der Sommer am 31. August, während der Herbst am 7. Februar 1895 eintrat. Am 31. Mai war es also auf der südlichen Hälfte des Mars ungefähr Ende April, nach unserer Jahreszeit zu rechnen. Die südliche Eiszone des Mars war damals sehr gross, denn sie hatte einen Durchmesser von 45°, reichte also bis etwa 68° südl. Breite, dabei war sie überall in lebhaftem Prozesse des Schmelzens. Der Planet Mars hatte seine Axe der Erde so zugeneigt, dass die Eiszone bequem gesehen werden konnte. Diese Zone zeigte sich am Rande von einem dunklen Bande umsäumt, das an einigen Stellen breiter als an anderen war und mit dem zurückweichenden Eise gleichen Schritt hielt. Die Breite dieses dunklen Bandes betrug im Juni etwa 220 engl. Meilen, und es erschien von blauer Farbe. In dem Masse, als die Jahreszeit fortschritt, und die Eiszone sich an Ausdehnung verminderte, wurde ihr dunkler Gürtel schmaler, mit gewissen Schwankungen, die zweifellos von der Wasseraufnahmefähigkeit des Bodens abhingen. Im August war das dunkle Band zu einem schmalen Faden zusammengeschrumpft. Dass es sich bei dem ganzen Vorgange wirklich um Wasser handelt, kann gar keinem Zweifel unterliegen. Denn dies bezeugt nicht nur die Farbe, sondern auch der offenbare Zusammenhang der Breite des dunklen Bandes mit dem Schmelzen des Schnees und schliesslich sein Verschwinden mit diesem, drei Thatsachen, die unabhängig voneinander den Schluss auf Schmelzwasser bestätigen. Der Umstand, dass jener Streifen der dunkelste der ganzen Marsoberfläche war, lässt vermuten, dass es sich dabei auch um die tiefste Wasserfläche auf dem Planeten handelte, während das spätere völlige Verschwinden derselben beweist, dass diese Tiefe nicht sehr gross gewesen sein kann. Beide Thatsachen lassen vermuten, dass es sich dabei nicht nur um die Hauptwassermasse des Mars handelt, sondern dass ausser ihr überhaupt Wasseransammlungen von grösserem Umfange dort nicht vorhanden sind. Diese Polarsee ist gewissermassen der Deus ex machina für alles folgende.

Sobald das Schmelzen des Schnees begonnen hatte, wurden lange Streifen von tieferer Farbe als ihre Umgebung, mitten auf den dunklen Flächen sichtbar. Ich habe sie, sagt Lowell, nicht entstehen oder kommen sehen, aber ich sah sie verschwinden, daher müssen sie vorher entstanden sein. Ende Mai waren sie bereits vorhanden. Die augenfälligsten davon lagen zwischen Noachis und Hellas im Mare australe und von hier durch das Mare Erythraeum zur Syrtis major. Einer der nächst augenfälligen zeigte sich zwischen Hellas und Ausonia. Obgleich diese Streifen sehr deutlich dunkler waren als

die übrige Fläche der Seen, durch welche sie flossen, waren die Seen selbst damals in ihrem dunkelsten Stadium. Das nachfolgende Verhalten dieser sogenannten Seen macht ihren seeartigen Charakter noch zweifelhafter.

Dass die Seen damals ihr dunkelstes Aussehen hatten, ist wahrscheinlich einerseits dem Umstande zuzuschreiben, dass einiges Wasser vom Pole her bereits seinen Weg dorthin gefunden hatte, und anderseits diese Feuchtigkeit auf jenen amphibischen Flächen die Vegetation belebt hatte. Auf dem Mars entspricht obiges Datum dem 1. Mai. Die dunklen Flächen blieben nun einige Zeit hindurch in ihrem Aussehen unverändert, währenddem der grösste Teil der Schneezone schmolz. Dann aber begann für sie eine Epoche der Veränderung. Ihre hellen Teile wurden zunehmend heller grau, und die dunklen nahmen an Dunkelheit ab. Eine der bemerkenswertesten Thatsachen ist, dass in dieser Epoche es unmöglich war, die Grenze der in der südlichen gemässigten Zone liegenden Kette von Inseln festzustellen. Die hellen und dunklen Flächen gingen allmählich in einander über. Vom Gesichtspunkte der Marskarte aus betrachtet, waren die Landmarken dieser ganzen Region seiner Oberfläche verwischt durch eine Überschwemmung, wenngleich indirekt. Denn wahrscheinlich befand sich diese ganze Gegend in verschiedenen Stadien der Vegetation, und zwar infolge einer relativ nur seichten Überschwemmung mit Wasser. Die Farbe dieser Flächen erschien damals Lowell bläulichgrün, und zwar unverkennbar deutlich. Später verblich sie allmählich und ging in Orangegelb über. Das erste deutliche Zeichen eines Wechsels der Dinge war das Wiedererscheinen von Hesperia, welches im Juli eintrat. Im August, als Lowell dies sah, war seine Sichtbarkeit schon sehr deutlich. Von Atlantis aber konnte damals noch nichts wahrgenommen werden, erst am 30. Oktober trat sie in Sicht. Um die nämliche Zeit wurden die Strassen zwischen den Inseln Zanthus, Scamander, Ascanias und Simois mehr und mehr dunkel, und zwar infolge des Kontrastes mit der Umgebung.

Mittlerweile fuhr die Geschichte Hesperia's fort, lehrreich zu bleiben. Von ihrer Unsichtbarkeit im Juni und ihrer Augenfälligkeit im August kehrte sie im Oktober zu einem mittleren Aussehen zurück. Die Veränderungen zeigten sich zuerst bei Hesperia selbst, dann dehnten sie sich auf die umgebenden Regionen aus. Von Juni bis August veränderte Hesperia von einem anfänglichen früheren Blaugrün, in welchem es von seiner Umgebung nicht zu unterscheiden war, seine Farbe in gelb, während die Umgebung blaugrün blieb, so dass die Halbinsel in entschiedenen Kontrast zu ihrer Umgebung trat. Später blassten diese Umgebungen ebenfalls ab, und diese Veränderung erzeugte die Täuschung, als sei Hesperia teilweise verdeckt worden. Ähnliche Veränderungen im Aussehen zeigten auch die übrigen Teile der südlichen gemässigten Zone des Mars. Während im Juni alle Regionen zwischen den beiden Thylen,

Argyre II u. s. w. hauptsächlich blaugrün erschienen, waren sie im Oktober gelb, und damals zeigten diese Inseln zum ersten Male wieder ihre bestimmten, individuellen Gestalten. Noch weiter gegen Süden erschien das, was zuerst Schnee war und dann Wasser wurde, in gelbliches Land umgewandelt. Diese Veränderung nahm ihren Fortgang, bis am 13. Oktober die Überbleibsel der Schneekappe ganz oder fast ganz verschwanden; von da ab zeigte sich die ganze südliche Polarregion als eine gelbliche Fläche.

Gegen Ende Oktober trat eine befremdliche und für die Beobachtung traurige Erscheinung ein. Was noch von den mehr südlich gelegenen Regionen der Marsoberfläche übrig geblieben war, blasste unvermutet allenthalben in Farbe ab. Dies wurde zuerst im Mare Cimmerium, dann in der Sirenischen See und im November im Mare Erythraeum um den Lacus solis herum bemerkt. Diese Abblassung schritt ununterbrochen so weit fort, bis Mars, bei schlechten Luftverhältnissen, fast völlig als gleichförmig gelbliche Scheibe ohne dunkle Flecken erschien.

Diese Abblassung der dunklen Flächen ist nun eine in hohem Grade bezeichnende, direkt auf ihre Konstitution bezügliche Thatsache. Denn es handelt sich nicht einfach darum, dass Teile der Marsoberfläche ihre Farbe verändert haben, sondern dass auf der ganzen Scheibe des Mars die blaugrünen Flächen sich verminderten, und in demselben Masse die orangegelben zunahmen. »Wenn die blaugrünen Flächen,« sagt Lowell, »Wasserflächen sind, wo ist dieses Wasser hingekommen? Nirgendwo auf der sichtbaren Scheibe, das ist sicher! Da sonach das Wasser nirgend wohin gekommen sein kann, so bleibt nichts übrig, als anzunehmen, dass die blaugrünen Flächen mit Vegetation bedeckt waren, für welche eine relativ geringe Menge Wasser ausreichte, deren direkte An- oder Abwesenheit für uns nicht wahrnehmbar ist, wohl aber ihre indirekte Wirkung in der Vegetation.«

Eine fernere Veränderung, welche auf der Marsscheibe sichtbar wurde, giebt Winke, wohin das Wasser sonst gekommen ist. Die bekannten Kanäle sind nämlich dunkler geworden, und was noch wichtiger, diese zunehmende Dunkelheit ist allmählich von Süden nach Norden fortgeschritten. Die folgenden Beobachtungen Lowell's zeigen, dass die Kanäle nicht zu allen Zeiten gleichmässig sichtbar sind, und ferner, dass ihre Unsichtbarkeit mit den Jahreszeiten auf dem Mars zusammenhängt.

Im Juni waren die Kanäle sämtlich äusserst schwach, am besten sichtbar waren noch diejenigen in der Region des Lacus solis. Als der Mars sich der Erde näherte, wurden die Kanäle natürlich besser sichtbar, allein bis zum Oktober zeigten sie keine wirkliche Veränderung, ausgenommen diejenigen in der Gegend des Lacus solis. Sie waren bis zum September immer dunkel, im Oktober aber begannen sie, Symptome von Hellerwerden zu zeigen, ebenso im November, doch war dieses nur wenig merklich. Mittlerweile, als

die Region des Sinus Titanum herauskam, im November, fand Lowell, dass die dortigen Kanäle in ähnlicher Weise dunkler wurden. Letztere waren nicht nur dunkler geworden im Vergleiche zum Mare Cimmerium und Mare Sirenum, sondern wirklich dunkler an und für sich. Betrachtet man nun eine Karte des Mars, so sieht man, dass die Gegend des Lacus solis einen Teil der grossen kontinentalen Fläche in der nächsten Nähe des Südpoles bildet, während der Sinus Titanum weniger südlich liegt, die Breite spielt also eine Rolle. Einen ähnlichen Fortschritt in der Sichtbarkeit der Kanäle lässt sich an anderen Stellen erkennen. »Die Kanäle und die sogenannten Seen,« schliesst Lowell, »nehmen alle teil an der jährlichen Metamorphose mit einem von den Jahreszeiten abhängigen Wechsel, welcher auch von ihrer Breite oder dem Abstande vom Südpole abhängt. Eine Welle von Verdunkelung der Farbe läuft successive durch die bläulichgrünen Regionen von Süden nach Norden, der Zeit nach bestimmt durch die von den Jahreszeiten abhängige Welle, welche von Pol zu Pol läuft. Bleich im Winter, erwacht die Farbe zur Frühlingszeit, vertieft sich im Sommer und ermattet im Herbste. Für jede gegebene Gegend tritt dieser Wechsel unter sonst gleichen Verhältnissen früher oder später ein in dem Verhältnisse, als diese Gegend vom Pole entfernt liegt. Es erscheint wahrscheinlich, dass dieser Farbenwechsel indirekt durch Wasser, direkt aber durch Vegetation, welche das Wasser belebt, hervorgerufen wird. Nur unter dieser Annahme erklären sich alle Wahrnehmungen leicht und ungezwungen. Die Meeresbecken auf dem Mars beherbergen keineswegs mehr gewaltige, tiefe Wassermassen, wie die irdischen, sind aber auch noch nicht in den Zustand trockener Betten (wie solche der Mond besitzt) übergegangen, sondern sie dienen nur als wenig tiefe Behälter für das Wasser, welches noch auf der Marsoberfläche zirkuliert.« Bezüglich der Kanäle verweist Lowell auf seine früheren Schlüsse, gemäss denen diese Kanäle vorwiegend künstlichen Ursprunges sind, angelegt von Marsbewohnern, um den grossen kontinentalen Flächen, welche bei allen jahreszeitlichen Veränderungen konstant bleiben, Wasser zuzuführen.

Die Ergebnisse der Marsbeobachtungen während der Opposition 1894 werden in dem Berichte an die Generalversammlung der Kgl. Astron. Gesellschaft zu London in folgender Weise kurz zusammengefasst[1]):

Obgleich der scheinbare Durchmesser des Mars 1894 höchstens nur 21.7″ erreichte gegen 24.8″ bei der Opposition von 1892, so war der Planet infolge seiner grösseren nördlichen Deklination doch für Beobachter auf unserer Hemisphäre besser zu beobachten. Infolgedessen sind die diesmaligen Ergebnisse der Beobachtung durchschnittlich gleich, wenn nicht bedeutender als diejenigen der früheren. Die wichtigsten Ergebnisse sind kurz folgende:

---

[1]) Monthly Notices 55. Nr. 4. p. 244.

1. Das vollständige Verschwinden des südlichen Polarfleckes. 2. Zahlreiche Unregelmässigkeiten an der Lichtgrenze des Planeten, die höckerig war; sie bestanden a. aus kleinen, hellen Hervorragungen, gewöhnlich im Zusammenhange mit einer hellen Region gerade innerhalb der Lichtgrenze, b. aus Abplattungen und leichten Aushöhlungen der Kurve der Lichtgrenze, meist an denjenigen Teilen, wo die dunkleren Regionen aus dem Gesichtsfelde verschwanden. 3. Eine sehr allgemeine Bestätigung des Schiaparelli'schen Kanalsystems. 4. Die Verdoppelung einer Anzahl von Kanälen, sogar um die Zeit des Sommersolstitiums der südlichen Halbkugel. 5. Eine weitere Ausdehnung der Arbeit Schiaparelli's durch die Entdeckung (meist auf dem Observatorium von Lowell) vieler fernerer Kanäle und anderer schwierigen Details, sowie einer Anzahl kleiner, dunkler Flecke oder Seen, letztere merkwürdigerweise oft an den Punkten gelegen, wo zwei oder mehrere Kanäle sich treffen oder kreuzen. 6. Eins der wichtigsten Resultate des verflossenen Jahres ist sicherlich das Vorkommen von Wolken. In den letzten Jahren schien die Ansicht an Verbreitung zu gewinnen, dass die Atmosphäre des Mars fast frei ist von Wolken, und dass selbst, wenn man solche sieht, sie keine grosse Ausdehnung oder Dichte besitzen. Aber in der zweiten Hälfte des Oktober 1894 waren nahezu das ganze Maraldi-Meer und das ausgedehnte, kontinentale Gebiet nördlich von diesem bis etwa 20° nördl. Br. durch Wolken stark verdunkelt; die betroffene Gegend hat eine Fläche von 6000000 Quadratmeilen (engl.), ist also bedeutend grösser, als ganz Europa. 7. Weitere Beweise für thatsächliche Änderungen. So wurde z. B. das Verschwinden eines beträchtlichen Teiles des hellen, Aurea Chersonesus genannten Gebietes unabhängig von mehreren Beobachtern notiert, indem die Kontinentgrenze bedeutend verändert war gegen die 1877 auf den Karten von Green und von Schiaparelli angegebene. 8. Prof. Campbell unternahm mehrere Beobachtungen des Spektrums auf der Lick-Sternwarte, konnte aber die älteren Beobachtungen von Huggins, Rutherfurd, Vogel u. a. nicht bestätigen, da er Belege für eine Absorption, die von einer Atmosphäre herrührt, nicht aufzufinden vermochte.

Die Rotation des Jupiter ist während der beiden Oppositionen von 1892 und 1893 von W. Séraphimof am 15zolligen Refraktor zu Pulkowa untersucht worden[1]). Er findet für den täglichen Rotationswinkel der äquatorialen Zone (von etwa 15° Breite) einen mittleren Wert von 878.5°, was einer Rotationsdauer von $9^h 50^m 6^s$ entspricht. Die nördlich und südlich vom Äquator, zwischen den Parallelkreisen von 15° und 45° gelegenen Zonen haben eine mittlere Geschwindigkeit von 870.5°, entsprechend einer Rotationsdauer von $9^h 55^m 31^s$. Zwischen den Breiten von 5° und 15°

[1]) Bull. de l'acad. de St. Pétersbourg 1894. Nr. 2.

sind die Ergebnisse unsicher, unter sehr hohen Breiten überschreitet der tägliche Rotationswinkel merklich den Wert von 870°.

Der Durchmesser des Jupiter und seiner Monde ist zu Greenwich am 28zolligen Refraktor während der Zeit vom 23. November 1894 bis 3. April 1895 gemessen worden [1]). Die Messungen geschahen von drei Beobachtern unabhängig voneinander und bei Vergrösserungen von 470- bis 670fach. Als Endresultat ergab sich für die mittlere Distanz (5.2028) des Jupiter von der Erde: Äquatorialdurchmesser 38.407″, Polardurchmesser 36.099″, Abplattung: 1 : 16.64.

Für die Durchmesser der Jupitermonde fand sich im Mittel: 1. Mond 1.084″, 2. Mond 0.959″, 3. Mond 1.454″, 4. Mond 1.350″. Die Durchmesser des 3. und 4. Mondes sind hier merklich kleiner, als sie 1880 zu Chicago und 1893 auf dem Lick-Observatorium gefunden wurden.

Der 5. Mond des Jupiter ist von Barnard [2]) und Hermann Struve [3]) beobachtet worden. Ersterer bestimmte seine periodische Umlaufszeit zu $11^h\ 57^m\ 22.618^s \pm 0.013^s$, während Hermann Struve $11^h\ 57^m\ 22.58^s$ findet.

Letzterer konnte diesen Mond noch in einer Entfernung von nur 5″ vom Rande des Jupiter erkennen. Barnard findet als mittlere Distanz aus Messungen bei östlicher Elongation im Jahre 1893: 47.785″ ± 0.044, während 1892, bei derselben Elongation, 47.712″ ± 0.176″ erhalten wurden und die östlichen Elongationen in gleichen Jahren 48.104″ ± 0.061″ ergeben haben. Barnard hält die Bahn dieses Mondes für merklich exzentrisch. Bezüglich des Namens ist er der Meinung, dass man am besten die Bezeichnung 5. Satellit beibehält, mit bezug auf die Reihenfolge der Entdeckung der Jupitermonde.

Die Gestalt der Jupitermonde ist 1894 in den Monaten Januar bis April von S. J. Bailey am 13zolligen Refraktor des Observatoriums zu Arequipa untersucht worden [4]). Der Beobachter kommt zu dem Ergebnisse, dass unter den günstigsten Umständen die Scheiben des 2., 3. und 4. Mondes stets vollkommen rund gesehen wurden. Der 1. Mond erschien dagegen zweimal in der nämlichen Richtung wie Jupiter verlängert, in beiden Fällen stand er dabei dem Planeten sehr nahe.

Beobachtungen und Messungen des Saturn und seiner Ringe hat E. E. Barnard während der Opposition von 1894 am 36-Zoller der Lick-Sternwarte ausgeführt [5]). Diese Messungen

---

1) Monthly Notices 55. Nr. 8. p. 477 u. ff.
2) Astronomical Journal Nr. 325.
3) Astron. Nachr. Nr. 3200.
4) Astrophysical Journal 2. p. 97.
5) Monthly Notices 4. p. 354. 1895.

begannen im Februar und wurden bis zum Juli fortgesetzt, sie wurden mit der grössten Sorgfalt ausgeführt und bezeichnen wohl das höchst Erreichbare in dieser Richtung an dem grossen Fernrohre. Die Beobachtungen bestätigen die früheren Messungen, besonders sind sie in guter Übereinstimmung mit den Ergebnissen, zu welchen Prof. Hall in den Jahren 1884 bis 1887 am 26zolligen Refraktor zu Washington gelangt ist. Sie zeigen ferner, dass die früher von mehreren Astronomen geäusserte Meinung, das Ringsystem des Saturn verengere sich, irrig ist. Ferner wurde durch genaue Messungen festgestellt, dass während der Opposition von 1894 Saturn genau im Zentrum seines Ringsystems sich befand, also nicht exzentrisch zu demselben, wie frühere Beobachter gefunden haben. Dagegen ergab sich, dass die Cassini'sche Trennung exzentrisch zu der Saturnkugel steht, indem diese letztere 0.25" der voraufgehenden Seite der Trennungsspalte näher steht. Demgemäss müsste also diese Trennungsspalte in dem Ringsystem selbst exzentrisch gegen dessen äussere Begrenzung liegen, eine Thatsache, die schwer zu erklären ist. Barnard ist deshalb auch noch nicht gewiss, diese exzentrische Stellung der Ringspalte als thatsächlich nachgewiesen zu betrachten, sondern behält sich fernere Untersuchungen hierüber vor.

Das physische Aussehen des Saturn während der Zeit der Messungen bot nichts Ungewöhnliches dar. Die an mehreren kleinen Teleskopen jüngst gesehenen dunklen und hellen Flecke sind von Barnard nicht wahrgenommen worden, »sie blieben jenseits der Kraft des 36-Zollers sowohl als des 12-Zollers bei guten und schlechten Luftverhältnissen.« Nur ein schmaler dunkler Streifen war auf der Saturnkugel zu sehen, welcher ungefähr die Mitte der breiten hellen Äquatorialzone bezeichnete. Diese helle Zone wurde im Norden von einer dunklen diffusen Zone begrenzt, die sich bis zum Nordrande des Planeten ausdehnte, doch war die nördliche Polarzone wieder etwas heller. Ein- oder zweimal wurde ein sehr kleiner und sehr dunkler Fleck am Nordpole des Saturn gesehen. Um dieselbe Zeit hat auch Stanley Williams den Saturn mit einem Reflektor von nur $6^1/_2$" Öffnung beobachtet und auf der nördlichen Hemisphäre des Saturn nicht weniger als elf dunkle Flecke wahrgenommen, aus denen er sogar die Rotationsdauer des Saturn ableitete; ausserdem hat er helle Äquatorialflecke wahrgenommen, und zwar zu den verschiedensten Zeiten in den Monaten Februar bis Juni. Auch diese lieferten ihm Werte für die Rotationsdauer der Saturnkugel. Ähnliche Flecke hat Williams 1891, 1892 und 1893 gesehen und daraus Ergebnisse über die Eigenbewegung derselben abgeleitet. Nach den bestimmten Aussagen von Barnard kann es kaum einem Zweifel unterliegen, dass die Wahrnehmungen von Stanley Williams Täuschungen sind, wie denn auch überhaupt keine früheren Beobachter des Saturn von solchen zahlreichen hellen und dunklen Flecken berichten. — Der Krapring erschien am 36-Zoller

gleichförmig, selbst im Schatten der Ringhenkel, von stahlblauer Farbe und mit dem Himmelsgrunde nicht sehr kontrastierend. Keinerlei markierte Stellen konnten in ihm wahrgenommen werden, ebensowenig eine früher an kleinerem Instrumente vermutete Auszahnung an seinem inneren Rande. Endlich zeigt der grosse Refraktor auch nicht die leiseste Spur einer Teilung der Ringfläche zwischen dem Krapringe und dem inneren hellen Ringe, wie man solche bisweilen auf Zeichnungen sieht. Dass solche Trennungsspalte wirklich nicht besteht, ist schon durch die Beobachtung der Verfinsterung des Japetus, welche Barnard am 1. Mai 1889 angestellt, erwiesen worden. Auch ist keine bestimmt erkennbare Verbindungslinie des hellen und des Krapringes zu bemerken, vielmehr gehen beide unmerklich in einander über. Bei Untersuchung des Aussehens des Krapringes, da wo er sich auf der Kugel projiziert, ergab sich, dass derselbe am inneren Rande sehr dünn sein muss, und dass er gegen den hellen Ring hin successive dichter wird. Diese zunehmende Dichtigkeit ist ebenfalls schon durch die Beobachtung der Verfinsterung des Japetus im Jahre 1889 erwiesen worden. Bei den in Rede stehenden Beobachtungen konnte die Kugel des Saturn durch einen kleinen Teil der Projektion des Krapringes hindurch gesehen werden, aber nicht durch den ganzen Ring hindurch. Der innere Teil des hellen Ringes ist genau von derselben Helligkeit wie der äussere Ring, aber etwa in $^1/_4$ seiner Breite vom äusseren Rande an der Cassini'schen Trennung ist er sehr hell, und zwar heller als irgend ein anderer Teil des Ringsystems oder der Saturnkugel. Wegen des südlichen Standes des Planeten waren mehrere Einzelheiten, die früher wahrgenommen worden, nicht vollkommen zu sehen. Die von Keeler 1888 gesehene Trennung des äusseren Ringes war nicht sichtbar, obgleich Barnard sie 1889 auch gesehen hat. Ebenso war die sogenannte Encke'sche Trennung diesmal unsichtbar, obgleich Barnard sie ebenfalls in früheren Jahren sah. Der Beobachter glaubt, dass sie keine wirkliche Trennungsspalte ist, wie die Cassini'sche Trennung, sie erschien ihm später mehr als eine dunkle Linie auf dem Ringe, obgleich sie allerdings, soviel bekannt, schon auf beiden Seiten des Ringes wahrgenommen worden ist. Barnard glaubt, sie sei vielleicht so zu deuten, dass an ihrer Stelle die Partikelchen, aus welchen der Ring besteht, weniger dicht gehäuft sind, während sie an Stelle der Cassini'schen Trennung völlig fehlen und eine breite Lücke lassen. Sie wären also dort vielleicht ähnlich verteilt wie im Krapringe.

Barnard hat eine sorgfältige Zeichnung des Saturn angefertigt, so wie sich derselbe in dem grossen Refraktor zeigte. Diese Zeichnung ist weniger detailreich als andere, die früher an kleineren Teleskopen erhalten wurden, allein sie entspricht genau dem, was der Beobachter damals wirklich sah. Sie ist auf Tafel II reproduziert.

Auf das Detail der Mikrometermessungen des Saturnsystems, welche Barnard in der ersten Hälfte des Jahres 1894 ausgeführt,

kann hier nicht eingegangen werden; es genügt, die Endergebnisse derselben mitzuteilen. Dieselben sind, reduziert auf die mittlere Entfernung des Saturn von der Sonne, folgende;

Äquatorialdurchmesser des Saturn . . .	17.744"
Polar- » » » . .	16 307"
Äusserer Durchmesser des äusseren Ringes	40.249"
Innerer » » » »	34 864"
Mitte der Cassini'schen Trennung . . .	34.306"
Äusserer Durchmesser des inneren Ringes	33.748"
Innerer » » » »	25.522"
» » » Krapringes . .	21.033"
Breite der Cassini'schen Trennung . . .	0 558"
Abplattung des Saturn	1:11.14

In englischen Meilen ausgedrückt sind diese Verhältnisse folgende:

Äquatorialdurchmesser des Saturn . . . . =	76150	engl.	Meilen
Polar- » » » . . . . =	69980	»	»
Äusserer Durchmesser des Ringsystems . . =	172730	»	»
Innerer » » äusseren Ringes =	149620	»	»
Äusserer » » inneren » =	144830	»	»
Innerer » » » » =	109530	»	»
» » » Krapringes . . =	90260	»	»
Breite der Cassini'schen Trennung . . . . =	2395	»	»

Einen neuen Wert für die Masse des Saturnringes hat Prof. Deichmüller abgeleitet[1]). Die erste Massenbestimmung hat Bessel 1811 unter Benutzung seiner Lilienthaler Beobachtungen (1806—1808) über die Apsidenbewegung des Titan ausgeführt; er fand die Ringmasse zu $\frac{1}{213}$ der Saturnmasse. Nachdem Bessel 1830 mit dem neuen Heliometer eine bis heute unübertroffene Beobachtungsreihe desselben Trabanten geschaffen hatte, leitete er unter Zugrundelegung dieser einen neuen Wert für die Ringmasse: $\frac{1}{118}$ ab. Dieser Wert ist bis in die neueste Zeit in Anwendung gebracht worden, obschon es nicht zweifelhaft sein konnte, dass — abgesehen von der in der That geringfügigen Wirkung der übrigen Monde — ein grosser Teil der die Perisaturnbewegung des Titan hervorrufenden Masse in dem äquatorealen Wulste der abgeplatteten Planetenkugel ihren Sitz hat, so dass der alte Bessel'sche Wert für die Ringmasse der Wahrheit sehr viel näher kommen musste, als der letztere. Der Lösung der Aufgabe, die Wirkung der Abplattung von derjenigen der Ringmasse auf die Apsidenbewegung zu trennen, ist erst Tisserand zu Ende der siebziger Jahre näher getreten. Im ersten Bande der Toulouser Annalen hat er unter Zugrundelegung der (48) Bessel'schen Messungen über die Dimensionen der Saturnkugel die jähr-

[1]) Sitzungsbericht der Niederrhein. Ges. f. Natur- u. Heilkunde zu Bonn, 13. Mai 1895.

lichen Bewegungen des Perisaturniums für Titan und die fünf inneren Satelliten berechnet, wie sie von der Abplattung allein bewirkt werden, und ferner die Bedingungen für die Änderung dieser Bewegungsgrössen durch die Ringmasse aufgestellt. Der Versuch, einen genäherten Wert für die letztere zu erreichen, schlug aber fehl, da die vorliegenden Beobachtungen über die Apsidenbewegung von Mimas (Lamont, Jacob) einander widersprachen und sogar auf eine kleinere Apsidenbewegung dieses Satelliten führten, als sie die Abplattung allein verlangte.

Es erschien nun auch für die Folge aussichtslos, auf diesem Wege zur Kenntnis eines genäherten Wertes für die Ringmasse zu gelangen, da Prof. Hall im Jahre 1886 auf Grund der mit dem 26zölligen Refraktor in Washington erlangten Beobachtungen die Bahnen der inneren Satelliten für kreisförmig erklärte, und damit die Lage einer Apsidenlinie und die Ringmasse unbestimmt bleiben musste.

Seit 1884 hatte nun aber H. Struve zunächst am 15zölligen Refraktor der Pulkowaer Sternwarte die Beobachtung der Saturnstrabanten aufgenommen und die Beobachtung der schwierigeren dann am 30zölligen Refraktor fortgesetzt. Die vorliegenden vorläufigen Resultate für die Apsidenbewegungen der inneren Trabanten haben nun im Falle Mimas einen günstigen Erfolg ergeben, so dass man zur Ableitung eines ersten einwurfsfreien Näherungswertes der Ringmasse schreiten kann. Unter der Annahme der jährlichen Perisaturnbewegung von Mimas = 365.0°, von Titan = 0.50° nach H. Struve und der Dimensionen und Rotationsdauer des Planeten, halben grossen Axe der Titanbahn und der Umlaufszeit dieses Trabanten nach Tisserand's Annahmen, wurde zuerst eine Verbesserung der aus den Bessel'schen Dimensionen folgenden Abplattungskonstante abgeleitet, und es ergab sich dann die Ringmasse im Verhältnisse zur Saturnmasse:

$$\frac{m'}{M} = \frac{1}{26200}.$$

Die Unsicherheit, welche diesem Werte noch anhaftet, ist in der nur noch geringen Unsicherheit in der Kenntnis der Abplattung und des Äquatorealhalbmessers des Planeten, sowie in der Vernachlässigung der Trabantenstörungen begründet.

Bei der Schwierigkeit, die direkt gemessenen Axenunterschiede der Planetenkugel von dem Einflusse der dioptrischen Fehler des Auges, besonders des Astigmatismus, zu befreien, war eine einwurfsfreie Bestimmung dieser Grösse erst aus einer vollkommeneren Theorie der inneren Trabanten abzuleiten. Bei dem gegenwärtigen Stande dieser letzteren haben wir Aussicht, bald einen so scharfen Wert für die Abplattung zu erhalten, wie er durch die direkten Beobachtungen niemals zu erreichen wäre. Inzwischen bietet die soeben aus der Verbindung von Titan und Mimas allein abgeleitete

Verbesserung einen bereits so genäherten Wert für die Ringmasse dar, dass die bei der Deutung von Ringbeobachtungen gelegentlich noch herangezogenen Werte von der Ordnung der Bessel'schen und des vorletzten H. Struve'schen (Astron. Nachr. Nr. 3074) als vollständig ausgeschlossen erscheinen müssen.

In den verschiedenen Stadien seiner Untersuchungen über die Saturnsatelliten hat H. Struve auch Werte für die Ringmasse abgeleitet. In seiner ersten Abhandlung (1888) findet er unter Zugrundelegung der Bessel'schen Werte für die Dimensionen der Saturnkugel die Masse $= \frac{1}{1000}$, zeigt aber, dass unter Hinzuziehung der übrigen vorliegenden Bestimmungen jener Grösse noch eine obere Grenze für die Ringmasse $= \frac{1}{314}$ mit den Beobachtungen vereinbar wäre. In der zweiten Abhandlung (1889) machen es Unterschiede in den beobachteten und berechneten Knotenbewegungen ebenfalls nicht unwahrscheinlich, dass eine obere Grenze der Ringmasse von $\frac{1}{300}$ zulässig erscheint. In der dritten Abhandlung: »Vorläufige Resultate« (1890), erscheint, wenn auch die noch verbesserungsfähige Knotenbewegung von Tethys mit der von Mimas verglichen wird, eine obere Grenze für die Ringmasse $= \frac{1}{10000}$ ebenfalls ausgeschlossen; es bleibt aber noch, wenn man auch auf die schwierige Bestimmung der Masse von Rhea verzichtet, erst eine zuverlässige Bestimmung der Masse, der Perisaturn- und Knotenbewegung von Enceladus, sowie der Knotenbewegung von Dione abzuwarten, ehe man zur Ableitung eines definitiven Wertes für die Abplattung und die Ringmasse schreiten kann.

Bleiben wir daher für jetzt bei dem oben abgeleiteten Werte (wahrscheinlich Maximalwert) für die Ringmasse stehen, so ergiebt sich unter der Annahme gleicher Dichte mit der Saturnkugel und gleicher Massenverteilung innerhalb des Ringes in der mittleren Entfernung des Planeten von der Sonne die

Dicke des Ringes $= \frac{1}{7000}$ Bogensekunde oder $= 1$ Kilometer.

Die Voraussetzung gleicher Massenverteilung im Ringe ist nun nach dem Zeugnisse der neueren Beobachtungen nicht zutreffend, indem der dunkle Ring transparent erscheint, während der äussere Sonnenstrahlen nicht hindurchlässt. Aber es wird die Möglichkeit ausgeschlossen sein, dass der äussere Ring die hundertfache Dicke von der des inneren hat, so dass der Ring beim Durchgange der Erde durch die Ringebene auch für die mächtigsten Fernrohre der Erde vollständig unsichtbar werden muss. — In der That ist bei dem jüngsten Durchgange der Erde durch die Ringebene, Ende Oktober 1891, mit dem grössten aller bisher gebauten Refraktoren

auf der Lick-Sternwarte das vollständige Verschwinden des Saturnringes von Barnard beobachtet worden.

Theoretische Untersuchungen über die Konstitution des Saturnringes. Prof. H. Seeliger hat bereits früher darauf aufmerksam gemacht, dass ein Teil der Untersuchungen Maxwell's [1]) über den Saturnring keineswegs einwandfrei ist, und dass sich gegen die Richtigkeit der von ihm angewandten Methode begründete Zweifel vorbringen lassen. Prof. Seeliger kommt nun auf diesen Gegenstand zurück [2]) und geht hierbei aber auch auf die von Hirn veröffentlichten Untersuchungen, die wenig bekannt zu sein scheinen, ein.

Was die Maxwell'sche Untersuchung betrifft, so beschäftigt sich Prof. Seeliger im wesentlichen nur mit dessen Theorie der Bewegung eines festen Ringes.

Zunächst knüpft er an die von Laplace in der Mécanique céleste gegebenen Entwickelungen an und schliesst daran einige Bemerkungen, da hierdurch die Sachlage, wie sie die Annahme einer festen Konstitution der Saturnringe schafft, nicht schwieriger zu klären sein dürfte, als durch die viel komplizierteren, aber nicht strengen Untersuchungen von Maxwell oder die Bemerkungen von Hirn.

Prof. Seeliger zeigt nun durch eine mathematische Betrachtung, dass die Bewegung des Ringsystems instabil, und ein Zusammenstoss des Ringes mit dem Saturnkörper unausbleiblich ist. Schon eine minimale Verschiebung des Schwerpunktes des Ringsystems reicht aus, um ein Auffallen des Ringes auf den Saturn in kurzer Zeit herbeizuführen.

Der Saturnring könnte nach Ansicht von Laplace aus einer sehr grossen Anzahl unendlich dünner Ringe, welche aber inhomogen sind, bestehen. Der Augenschein lehrt aber, dass der Saturnring, als Ganzes aufgefasst, den Eindruck einer im hohen Grade homogenen Massenanordnung in peripherischer Richtung macht, und man wird die Bewegung der Schwerpunkte des Saturn gegen das gemeinsame Zentrum dieser Ringe jedenfalls nahezu erhalten, wenn man den ganzen Saturnring als eine breite, aber unendlich dünne Scheibe ansieht.

Es ergiebt sich dann aber, wie Prof. Seeliger zeigt, dass selbst bei einer so überaus kleinen Anfangsgeschwindigkeit wie 0.00042 *mm* pro Sekunde schon nach $2^1/_2$ Tagen der innere helle Ringrand mit der Oberfläche des Saturnkörpers zusammenstossen wird. In so hohem Grade instabil ist also der Anfangszustand.

Prof. Seeliger zeigt nun weiter, dass die Maxwell'schen Resultate nicht einwandsfrei sind, weil sich dieser bei seinen mathematischen Entwickelungen gewisse Vereinfachungen gestattet hat, deren Zulässigkeit nicht erwiesen, im Gegenteile sehr bestreitbar ist.

»Danach wird man wohl,« sagt Prof. Seeliger, »zugeben müssen, dass das Maxwell'sche Resultat, in der vorliegenden Form wenigstens, gänzlich unbegründet ist. Die vorliegende astronomische Frage scheint mir aber hiervon ganz unabhängig zu sein. Denn es ist sicher, dass die thatsächlichen Verhältnisse beim Saturnringe völlig verschieden sind von den Annahmen, auf denen das Maxwell'sche Problem beruht. Der Saturnring ist ein sehr dünnes, aber breites Gebilde, und der Augenschein lehrt, dass dasselbe im grossen und ganzen in peripherischer Richtung von homogener Dichtigkeit ist. Wenn man sich den Ring auch vorstellen will als bestehend aus sehr vielen, sehr dünnen und sehr inhomogenen Ringen, so

---

[1]) On the Stability of the motion of Saturn's Ring. An Essay which obtained the Adam's Prize for the year 1856 in the University of Cambridge.

[2]) Mémoire sur les conditions d'équilibre et sur le nature probable des anneaux des Saturne, présenté le 16 Septembre 1872 à l'Académie des Sciences.

werden sich doch diese Ungleichförmigkeiten in der Massenverteilung der einzelnen Ringe, nahezu kompensieren müssen, so dass man sich offenbar weit mehr der Wahrheit nähert, wenn man den ganzen Ring als homogen betrachtet, als wenn man etwas anderes annimmt. Hierdurch entsteht aber, wie oben auseinander gesetzt wurde, eine in hohem Grade instabile Bewegung, und man wird diese mit viel mehr Recht als der Natur entsprechend ansehen können, als etwa die Konsequenzen des Maxwell'schen Problemes.«

Prof. Seeliger geht nun auf die Untersuchungen Hirn's ein. Dieselben liegen in einer ganz anderen Richtung als die Maxwell'sche Arbeit. Während letzterer, erläutert Prof. Seeliger, versuchte, die Dauerhaftigkeit der Bewegung des Saturn um das Ringzentrum zu untersuchen, beschäftigt sich Hirn mit den Ansprüchen, welche man an die Festigkeit der Ringe zu machen gezwungen ist, falls diese als fest angenommen werden. »Hierbei scheint Hirn von der Meinung auszugehen, dass ein nicht homogener Ring überhaupt einen stabilen Zustand zulasse, d h. dass sich Saturn stets in der Nähe des Ringzentrums aufhalten könne. Er stützt sich dabei auf Laplace, der allerdings in der Mécanique céleste seine Untersuchungen über den Saturnring mit der Bemerkung schliesst: »les divers anneaux qui entourent le globe de Saturne sont par conséquent des solides irregulaires d'une largeur inégales etc.« Diese Schlussfolgerung ist aber durch die vorangehende Analyse keineswegs gerechtfertigt, denn Laplace hat nur die Bewegung homogener Ringe untersucht. Deshalb entbehren die auf Laplace's Meinung sich stützenden Bemerkungen Hirn's der sicheren Grundlage und müssen als wenig beweiskräftig angesehen werden.«

Prof. Seeliger giebt nun eine lichtvolle Analyse der Hirn'schen Untersuchung und zeigt, dass selbst bei einer sehr geringen Masse des Ringes die auftretenden Druck- und Zugkräfte, die den Ring zu zerreissen streben, ausserordentlich gross sind.

Nimmt man z. B. an, dass ungefähr die Masse des halben Ringes der Masse einer Kubiklinie Wasserstoff entspricht, so ergiebt sich eine Druckkraft von 5000000 *kg*. »Unter solchen Drucken würde aber jedenfalls ein aus so dünnem Stoffe bestehender Ring auseinanderbrechen müssen. Wollte man aber die Festigkeit so gross annehmen, dass diesen Drucken Widerstand geleistet werden könnte, so müsste man noch die Bedingung der beinahe vollständigen Starrheit hinzufügen. Denn sonst würden sehr bedeutende Verbiegungen auftreten müssen, von deren Qualität man sich leicht Rechenschaft geben kann. Da aber die Beobachtungen dergleichen nicht verraten, so muss man wohl, will man nicht mit ganz abnormen und unbekannten Verhältnissen rechnen, die Hypothese sehr dünner starrer Ringe aufgeben.«

Es bliebe indessen noch übrig, den Saturnring als ein oder mehrere sehr dünne Bänder von endlicher Breite aufzufassen, und auch dieser Fall wird mathematisch untersucht.

Die angestellten Rechnungen zeigen aber, dass auch dann sehr bedeutende Zugkräfte die Zerteilung des ringförmigen Bandes herbeizuführen suchen, denen nur die Kohäsion der Masse sich entgegensetzt.

Um eine genauere Vorstellung von der Grösse dieser Kräfte zu erlangen, erwähnt Prof. Seeliger, dass Buchenholz ein Körper ist, der bei grösster Leichtigkeit die stärksten Drucke aushalten kann. Im vorliegenden Falle wurde damit der Druck = 598687600 *kg* pro *qm*. Diese Belastung ist etwa vierzigmal so gross, als Buchenholz erfahrungsgemäss ertragen kann. »Indessen,« fährt Prof. Seeliger fort, »ist offenbar die Druck ausübende Kraft bedeutend kleiner, wenn die Breite des Ringes abnimmt, und man kann sich die Frage vorlegen, wie breit die einzelnen Ringe sein müssen, um bei gegebener Festigkeit bestehen zu können. Die Rechnung ist leicht auszuführen, wenn die Ringanziehung vernachlässigt wird. Für eine Materie von der Beschaffenheit des Buchenholzes folgt dann, dass der innere helle Ring mindestens aus fünf einzelnen Ringen bestehen müsste.

Ganz Ähnliches gilt natürlich auch für den äusseren Ring, so dass also mit der festen Konstitution der Ringe die Folgerung verknüpft ist, dass dieselben aus einer grösseren Zahl schmaler Ringe bestehen müssen. Der Augenschein und manche Beobachtungen, namentlich aus früherer Zeit, widersprechen dem durchaus nicht, und es ist bekannt, dass Laplace etwas ganz Ähnliches als durch die Beobachtungen bestätigt angenommen und hierauf seine Rechnungen gegründet hat.

So interessant dieses Resultat von Hirn auch ist, so ändert es doch nichts an der Unzulänglichkeit der Annahmen. Der der Rechnung zu grunde gelegte Zustand ist ein im höchsten Grade instabiler, wie oben auseinandergesetzt, und demzufolge ist die Untersuchung über die Unmöglichkeit fester Ringe unnötig, weil das System nur ganz kurze Zeit bestehen kann. Auch einseitige Belastungen ändern nichts an der Sachlage, wenn man nicht das Aussehen der Saturnringe ganz ignorieren will.

Fragt man nun weiter nach der eigentlichen Konstitution der Ringe, nachdem der feste Aggregatzustand ausgeschlossen ist, so drängt sich zunächst die Vermutung auf, diese Gebilde könnten flüssiger oder gasförmiger Natur sein. Um die Mitte dieses Jahrhunderts hatte diese Hypothese an den beiden amerikanischen Gelehrten W. C. Bond und Peirce energische Verfechter gefunden, man wird sie aber trotzdem nicht ernstlich in Betracht zu ziehen haben. Lange Zeit und vereinzelt auch jetzt noch hat man die berühmten Experimente von Plateau über ringförmige Gebilde, die in rotierenden Flüssigkeiten auftreten, als einen Beweis für die Möglichkeit solcher kosmischen Gebilde angesehen. Diese Versuche veranschaulichen aber nur die Wirkung der Kapillarität und haben mit Gravitationswirkungen gar nichts zu schaffen. Sie hängen also gar nicht mit den Gleichgewichtsfiguren kosmischer Massen zusammen, ganz abgesehen davon, dass sie auch äusserlich den Verhältnissen beim Saturnringe nicht entsprechen. Denn hier liegt in der Mitte der Ringe von sehr geringer Masse die bedeutende Saturnmasse, welcher Fall sich bei den genannten Figuren wohl kaum erzielen lässt.

Nachdem Laplace die Theorie der ringförmigen Gleichgewichtsfiguren zu untersuchen begonnen hatte, ist dieses Problem ausführlich und streng von verschiedenen Seiten behandelt worden. Die Hauptfrage, die aber bei einer Verwertung der erlangten Resultate in der Astronomie von der grössten Wichtigkeit ist, ob nämlich solche Figuren stabil sind und nicht durch Hinzutritt kleiner Störungen von aussen auseinanderfliessen, hat eine genügende Beantwortung bis jetzt nicht gefunden, indessen ist kaum wahrscheinlich, dass die erforderliche Stabilität vorhanden ist. Zu diesem Resultate kommt auch Hirn auf einem interessanten Wege, auf welchem ihm hier gefolgt werden soll.«

»Es werde angenommen, dass zu einer gewissen Zeit der flüssige Ring wirklich bestehe, wenn Saturn genau in dessen Zentrum sich befindet. Dann wird der Ring mit gleichförmiger Geschwindigkeit wie ein fester Körper um sein Zentrum rotieren, und die einzelnen Teilchen werden keine Verschiebung gegen einander erleiden. Wenn nun Saturn sich aus irgend einer Ursache von dem Ringmittelpunkte ein wenig entfernt, so werden die einzelnen Teilchen nicht mehr gleichförmig rotieren können. Dort, wo sie dem Saturn näher stehen, werden sie sich schneller, dort wo sie von ihm entfernter sind, werden sie sich langsamer bewegen müssen. Man wird sich, weil die Anziehung des Ringes auf seine einzelnen Teile gering ist gegenüber der Anziehung des Saturn, ein näherungsweise richtiges Bild von der Bewegung bilden, wenn man annimmt, dass die einzelnen Teile Ellipsen beschreiben, deren einer Brennpunkt im Saturn liegt. Ist die Ringmaterie ein zusammendrückbares Gas, so werden die einzelnen Teilchen in der Saturnnähe, da sie sich hier schneller bewegen, auseinanderrücken, und in der Saturnferne wird das Entgegengesetzte eintreten. Ist der Ring aus einer unzusammendrückbaren Flüssigkeit gebildet, so werden sich die einzelnen Teilchen im letzteren Punkte anhäufen, und der Ring wird hier breiter

und dicker werden müssen. Dieses Spiel wiederholt sich bei jedem Umlaufe, also alle 10 bis 14 Stunden. Infolge der Reibung zwischen den einzelnen Teilchen wird beim Anhäufen oder Zusammendrängen der Teilchen Wärme erzeugt werden, was aber in der Saturnferne stattfinden muss, während, wenigstens ist dies bei gasförmiger Konstitution sicher, in der Saturnnähe eine Abkühlung erfolgen wird. Infolge der Wärmeleitung, des Stosses der einzelnen Teilchen gegeneinander u. s. w., werden nun, wie die Thermodynamik zeigt, sich die Wärmewirkungen in der Saturnferne und -nähe und auch in den dazwischen liegenden Punkten nicht ausgleichen, vielmehr bleibt ein Rest übrig, welcher eine Temperaturerhöhung der Ringmasse hervorbringt. Dies kann aber nur auf Kosten der Bewegungsenergie geschehen, und es werden sich also die Dimensionen des Ringes nach dem Saturn hin verkleinern. Die Innenseite des Ringes wird sich demzufolge ziemlich gleichmässig von allen Seiten langsam dem Saturn nähern, um sich schliesslich mit ihm zu vereinigen.

Auf Grund seiner Untersuchungen kommt Hirn zu dem Resultate, dass sich alle Schwierigkeiten und Unmöglichkeiten heben, wenn man annimmt, der Saturnring bestehe aus einzelnen diskreten Massenteilchen, oder er sei, kurz gesagt, von staubförmiger Struktur. Wie sich die mechanischen Verhältnisse in einem solchen Systeme abwickeln, hat Hirn nicht weiter untersucht, und die kurzen Bemerkungen, die er in dieser Richtung macht, werden voraussichtlich teilweise der Korrektur bedürfen. Dagegen hat Maxwell diese Probleme in Angriff zu nehmen versucht, ohne dass es ihm aber, wie ich glaube, gelungen ist, zu einer einwurfsfreien Lösung zu gelangen.

Die Erscheinungen, welche ein staubförmiger Saturnring darbietet, habe ich in zwei grösseren Arbeiten besprochen, und ich glaube, dort den strikten Nachweis geliefert zu haben, dass alle Erscheinungen, die zum Teile sehr komplexer Natur sind, nur durch die zu Grunde gelegte Annahme erklärt werden können. Bei dem noch nicht gehörig entwickelten Zustande der Dynamik des Saturnringes dürfte auf diesem Wege die festeste Stütze gewonnen sein, die man bis jetzt der Maxwell-Hirn'schen Annahme geben konnte.

Es ist interessant, dass die Forschung, nachdem der Reihe nach alle nur denkbaren Annahmen über die Konstitution des Saturnringes diskutiert und als wahrscheinlich hingestellt worden sind, wieder jener Ansicht zuneigt, welche als eine der ersten aufgestellt worden ist, um dann aber, wie es scheint, völlig der Vergessenheit zu verfallen. Es ist von verschiedenen Seiten bemerkt worden, dass Jacques Cassini (1677—1756) bereits die Maxwell-Hirn'sche Ansicht ausgesprochen hat. Die Wichtigkeit der Angelegenheit wird es wohl rechtfertigen, wenn ihr etwas nachgegangen wird. Bei Gelegenheit der Veröffentlichung seiner Beobachtungen des Saturn, namentlich des Verschwindens des Ringes im Jahre 1715[1]) spricht sich Cassini ganz deutlich aus. Pag. 47 sagt er:

»Cette apparence qui n'a point sa pareille dans les corps célestes, a donné lieu de conjecturer que ce pouvait être un amas de satellites qui étaient dans le plan des autres et faisaient leur révolution autour de cette planète, que leur grandeur est si petite qu'on ne peut pas les apercevoir chacun séparément, mais qu'ils sont en même temps si près l'un de l'autre qu'on ne peut point distinguer les intervalles qui sont entr'eux, ensorte qu'ils paraissent former un corps continu.«

Hieran werden Bemerkungen geknüpft über Schwierigkeiten, die bei der Darstellung der Beobachtungen auftreten sollen, in dieser Form aber wohl nicht existieren. Den Schluss bildet (p. 48) die Bemerkung:

---

[1]) Observations nouvelles sur Saturne. Mémoires de mathematique et de physique, tirés des registres de l'académie royale des sciences de l'année 1715. p. 41 ff.

»On peut donc supposer avec beaucoup de vraisemblance que l'anneau de Saturne est formé d'une infinité de petites Planètes fort près l'une de l'autre, qui étant comprises dans son Atmosphère, sont entraînés par le mouvement qui fait tourner Saturne autour de son centre et que dans cette Atmosphère etc.«

Hiernach nimmt also Cassini an, dass die diskreten Teilchen, welche den Ring bilden, in der Atmosphäre des Saturn sich befinden und mit dieser durch die Rotation des Saturn herumgeführt werden. Das ist freilich ein Zusatz, welcher die ganze Auffassung völlig verschiebt, und da Cassini diesen Zusatz für ganz wesentlich hält, steht er doch auf wesentlich anderem Boden, als auf dem der Hypothese von Maxwell und Hirn. Es erscheint demnach doch nicht so rätselhaft, dass die Cassini'sche Ansicht nicht allgemeine Verbreitung gefunden hat.

Danach wird man, wie ich glaube, nicht gegen die historische Gerechtigkeit verstossen, wenn man die Erkenntnis, dass die Saturnringe eine staubförmige Konstitution haben, an die Namen Maxwell und Hirn knüpft.«

Spektroskopische Untersuchungen über die Konstitution der Saturnringe hat James E. Keeler ausgeführt[1]). Wenn die Ringe als zusammenhängendes Ganzes um den Saturn rotieren, so ist klar, dass die Geschwindigkeit, mit der sich der äussere Rand bewegt, grösser sein muss als diejenige des inneren Randes, wenn dagegen die Ringe aus einem Aggregat einzelner Körperchen bestehen, die um den Saturn rotieren, so werden umgekehrt die Teile am inneren Rande sich rascher bewegen müssen als diejenigen am äusseren. Die Linien im Spektrum dieser Teile des Saturn müssen daher entsprechende Verschiebungen aus ihrer normalen Lage erleiden, und die Photographie dieses Spektrums vermag den Beweis zu liefern, welche der beiden Annahmen der Wirklichkeit entspricht. Prof. Keeler ist es gelungen, mit dem grossen Spektroskope des Alleghany-Observatoriums unter Anwendung von orthochromatischen Platten das Spektrum des Saturn und seiner Ringe am 9. und 10. April 1895 zu photographieren. Die Exposition dauerte jedesmal 2 Stunden, dann wurde zum Vergleiche das Spektrum des Mondes an jeder Seite des Saturnsystems und fast in Kontakt mit diesem aufgenommen. An beiden Seiten des Spektrums der Saturnkugel sieht man die schmalen Spektren der Henkel des Ringsystems. Die Photographien zeigen nicht nur auf's deutlichste die relativen Verschiebungen der Spektrallinien des Ringes, welche der entgegengesetzten Bewegung beider Ringhenkel entsprechen, sondern die Neigungen dieser Linien lassen auch erkennen, dass die äusseren Enden weniger verschoben sind als die inneren, daraus folgt, dass das Ringsystem aus getrennten Teilen besteht, die wie Haufen von Meteoren um den Saturn zirkulieren. Die Messungen an beiden photographischen Aufnahmen ergaben als Geschwindigkeit des Randes des Saturn 10.3 $\pm$ 0.4 *km*, als mittlere Geschwindigkeit des Ringes 18.0 $\pm$ 0.3 *km*, während die Rechnung für beide Geschwindigkeiten die Werte von 10.29 und 18.78 *km* ergiebt. Die Übereinstimmung ist demnach eine unerwartet grosse. Die von Keeler erhaltenen

[1]) Astrophysical Journal 1. Nr. 5. p. 416.

Resultate hat W. W. Campbell mit dem neuen Spektrographen der Lick-Sternwarte vollkommen bestätigen können[1]). Die Beobachtungen geschahen am 10., 14., 15. und 16. Mai 1895. Die Messungen gaben als Rotationsgeschwindigkeit der Saturnkugel 9.77 *km*, ebenso fand sich für die Rotationsgeschwindigkeit der Mitte des Ringsystems 17.37 *km*, und der Überschuss der Geschwindigkeit des inneren Randes des Ringes über jene des äusseren Randes fand sich im Mittel aus 3 Platten zu 3.13 *km*, 0.74 *km* abweichend von dem berechneten Werte.

Auch Deslandres hat im Mai 1895 spektroskopische Untersuchungen über die Rotationsart der Saturnringe angestellt[2]). Im wesentlichen bestätigen seine Arbeiten diejenigen von Keeler und Campbell. Deslandres fand die Geschwindigkeit des inneren Ringes grösser als die des äusseren, und zwar ergaben die Messungen an den photographischen Platten des Saturnspektrums, das eine Stunde lang exponiert worden war, und dem in der Mitte der Exposition das Spektrum des Wasserstoffes als Massstab zugegeben war, nachstehende Werte:

	Abstand vom Zentrum	Geschwindigkeit gemessen	Geschwindigkeit berechnet
Rand der Scheibe . . .	1	9.38 *km*	10.30 *km*
Innerer Ring	1.5	20.10 »	21.00 »
Äusserer Ring	2.2	15.40 »	17.10 »

Den Schlüssen, welche die amerikanischen Astronomen in Übereinstimmung mit den bisherigen theoretischen Anschauungen ableiten, dass nämlich die geringere Geschwindigkeit des äusseren Randes des Saturnringes für die Zusammensetzung desselben aus diskreten Körperchen spreche, glaubt Deslandres nicht folgen zu sollen, vielmehr müssen nach seiner Meinung noch weitere Beobachtungen mit grösseren Instrumenten gemacht und Messungen an grösseren Bildern ausgeführt werden.

Über die Rotation des Saturnringes macht Prof. Seeliger mit Rücksicht auf die Schlüsse Keeler's und seine eigenen früheren Entwickelungen einige Bemerkungen[3]). »Das Resultat der spektrographischen Beobachtungen,« bemerkt er, »sagt nur aus, dass der Saturnring nicht eine einzige kompakte Masse sein kann und auch nicht als eine einzige Gleichgewichtsfigur flüssiger Masse betrachtet werden darf. Wenn nun auch ohne Frage der direkte Nachweis dieser Thatsache sehr wertvoll ist, so muss anderseits doch hervorgehoben werden, dass hierdurch nur die Unrichtigkeit einer Ansicht bezeugt wird, die wohl kaum jemand ernstlich verfochten hat, nachdem die Cassini'sche und Encke'sche Trennungslinie entdeckt, und nachdem die verschiedenen bis auf Laplace zurückreichenden Untersuchungen über die mechanische Unmöglichkeit solcher Systeme

1) a. a. O. 2. p. 127.
2) Compt. rend. 120. p. 1155. 1895.
3) Astron. Nachr. Nr. 3295.

ausgeführt worden sind. Die von Keeler ausgeführten Messungen lassen sich auch, ebenso gut wie mit der Maxwell-Hirn'schen Hypothese, mit der Annahme mehrerer konzentrischer Saturnringe vereinigen, von denen jeder nach dem erwähnten Gesetze rotiert. Bei dem gegenwärtig erreichbaren oder wenigstens erreichten Grade der Genauigkeit der Messungen braucht die Anzahl dieser Ringe nicht einmal sehr gross zu sein. Dass diese Ringe nicht bestehen können, vielmehr in einzelne Massenpunkte aufgelöst sind, darüber giebt die angestellte Messung keine Auskunft und kann in dieser Richtung auch gar nichts aussagen. Schon Laplace hat angenommen, der Saturnring bestehe aus einer grossen Anzahl konzentrischer Ringe. Er glaubte, ohne den Beweis hierfür zu erbringen, die erforderliche Stabilität eines solchen Systems in dem Umstande zu finden, dass diese einzelnen festen Gebilde sehr inhomogen seien. Diese Laplace'sche, längst verlassene Annahme würde aber den Keeler'schen Beobachtungen ebenfalls vollkommen entsprechen. Desgleichen würden sich diese in jeder Richtung mit der ebenfalls von Laplace und nach ihm von vielen anderen Seiten weiter verfolgten Annahme vereinigen lassen, dass der Saturnring aus vielen Ringen flüssiger Materie bestehe, welche sich als mögliche, aber in diesem Falle jedenfalls instabile Gleichgewichtsfiguren darstellen, denn diese Ringe müssten, wie Laplace gezeigt hat, dieselben Rotationsgeschwindigkeiten aufweisen, wie sie die Beobachtungen andeuten. Später hat Hirn die Festigkeit eines soliden inhomogenen Saturnringes untersucht und ist zu dem Resultate gelangt, dass eine solche Konstitution vorauszusetzen nur zulässig ist, wenn man eine grössere Anzahl konzentrischer und voneinander getrennter Ringe annimmt. Eine Entscheidung über die Richtigkeit einer oder keiner dieser verschiedenen Hypothesen kann die Beobachtung von Keeler ebensowenig bringen, wie über die Wahrheit der Maxwell-Hirn'schen Annahme. Über den Stand der zum Teile sehr schwierigen und bisher in einwurfsfreier Weise nicht durchweg beantworteten Frage über die Stabilität der verschiedenen angenommenen Systeme habe ich mich ausführlich in zwei Abhandlungen ausgesprochen, auf welche ich hier wohl verweisen darf. Was die direkten Beobachtungen betrifft, welche mit grosser, um nicht zu sagen mit absoluter Sicherheit zu gunsten der Maxwell-Hirn'schen Hypothese sprechen, und welche durch eine andere Hypothese kaum zu erklären sein dürften, so habe ich das Hauptsächlichste in der zuerst genannten Abhandlung und in einer früheren ausführlich aus einander gesetzt. Die damals ausgesprochene Meinung, die von G. Müller in Potsdam beobachteten und von mir theoretisch erklärten und auch quantitativ dargestellten sehr bedeutenden Variationen in der Helligkeit des Saturnringes seien der erste und sehr gut begründete direkte Beweis für die Richtigkeit der Maxwell-Hirn'schen Annahme, dürfte auch durch die an sich gewiss äusserst wertvollen und interessanten Beobachtungen von Keeler nicht hinfällig geworden sein.«

Ein mutmasslicher zweiter Mond des Neptun. Schäberle teilte mit, dass er in der Nacht des 24. September 1892 bei ganz ungewöhnlich klarer, ruhiger Luft am 36-Zoller der Lick-Sternwarte einen an der Grenze der Sichtbarkeit für dieses Instrument stehenden kleinen Stern nahe beim Neptun gesehen habe. Derselbe konnte $1^h\ 40^m$ hindurch beobachtet werden und zeigte während dessen eine um 2^0 grössere Änderung im Positionswinkel gegen den Neptun, als nach der geozentrischen Bewegung des letzteren der Fall sein musste. Schäberle hat indessen bei keiner anderen Gelegenheit diesen schwachen Stern wiedergesehen, so dass die Natur desselben vorderhand noch zweifelhaft bleiben muss.

Neuere Untersuchungen über die Spektra der Planeten. Prof. H. C. Vogel giebt eine Zusammenstellung und Diskussion der seit Publikation seiner »Untersuchungen über die Spektra der Planeten, 1894« angestellten eigenen und fremden Beobachtungen [1]. Dieses neuere Material hat nicht sehr viel mehr ergeben, als die früheren Beobachtungen bereits kennen lehrten. Es mag das immerhin auf den ersten Blick auffallend erscheinen; es ist aber in der Natur der Sache begründet, und Prof. Vogel bespricht die darauf bezüglichen Verhältnisse etwas eingehender.

»Die meisten der grösseren Planeten,« sagt er, »stellen sich im Brennpunkte eines Fernrohres als Scheiben von beträchtlichem Durchmesser dar, aus denen der Spalt des Spektroskops nur einen schmalen Streifen ausschneidet. Bei gleichem Verhältnisse zwischen Objektivöffnung und Brennweite bleibt bei verschieden grossen Fernröhren die Intensität der Flächeneinheit und damit die Helligkeit des Spektrums nahe dieselbe. Sie ist im grösseren Fernrohre sogar etwas geringer, da wegen des dickeren Objektivglases die Absorption hier stärker ist. Der Vorteil, den ein grösseres Fernrohr im vorliegenden Falle bietet, ist hauptsächlich darin zu suchen, dass das Spektrum breiter (höher) erscheint, was zur Erkennung von Detail günstiger ist. Auch ist in allen den Fällen, in denen man bei kleinen Instrumenten eine Cylinderlinse anwenden muss, um die zur Erkennung der Linien nötige Breite des Spektrums zu erhalten, das grössere Fernrohr an Lichtstärke überlegen, aber nie in dem Masse wie bei Beobachtung punktartiger Objekte (Fixsterne), wo die Lichtstärken der Brennpunktsbilder verschiedener Instrumente nahezu proportional den Quadraten der Öffnungen sind. Ein Gewinn an Lichtstärke scheint nun bei einem grösseren Fernrohre noch dadurch gegeben zu sein, dass man Spektralapparate von grösseren Dimensionen anwenden und den Spalt weiter öffnen kann, als bei einem kleineren, gleiche Konstruktion bei beiden Apparaten vorausgesetzt, ohne die trennende Kraft des Spektroskops im Vergleiche zu dem kleineren Instrumente zu verringern. Dieser Vorteil wird aber zum Teile dadurch wieder auf-

---

[1]) Sitzber. der Kgl. Preuss. Akademie d. W. 1895. 2.

gehoben, dass die Lichtstrahlen beim Durchgange durch grössere Glasmassen einen erheblichen Verlust durch Absorption erleiden, für dessen Betrag sich Zahlenangaben allerdings nur machen lassen, wenn man ein bestimmtes Instrument und in bezug auf Absorption bekannte Glassorten ins Auge fasst. Durch das grössere Brennpunktsbild im grösseren Instrumente ist schliesslich die Möglichkeit einer eingehenderen Untersuchung des Spektrums verschiedener Teile der Planetenoberfläche gegeben; aber damit dürften auch sämtliche Vorteile, welche die Anwendung eines Fernrohres grösster Dimension für die Untersuchung der Planetenspektra gegenüber einem mittelgrossen Fernrohre bietet, aufgeführt sein.

Es ist zwar in neuer Zeit gelungen, die photographische Platte für fast alle Teile des sichtbaren Spektrums empfindlich zu machen, jedoch ist die Empfindlichkeit keine gleichmässige, und auch gegenwärtig ist von der Anwendung der Photographie zur Fixierung des weniger brechbaren Teiles des Spektrums nicht viel zu erwarten; in diesem Teile aber liegen gerade die für die Planetenspektra charakteristischen Absorptionsbänder. Es unterliegt jedoch keinem Zweifel, dass, wenn weitere Verbesserungen des photographischen Verfahrens in dieser Hinsicht gelingen sollten, es möglich werden wird, die charakteristischen Absorptionsbänder der Planetenspektra ihrer Lage nach sicherer zu bestimmen, als bisher mit Hilfe direkter Beobachtungen möglich war; immerhin aber würde die bisher erreichte Genauigkeit genügen, über den Ursprung der Bänder, namentlich der im Spektrum des Uranus, Aufschluss zu erhalten, wenn es nur gelänge, auf experimentellem Wege ein ähnliches Absorptionsspektrum zu erzeugen. Obgleich in den brechbareren Teilen der Planetenspektra keine Absorptionsbänder zu erwarten sind, ist doch eine Bestätigung dieser Vermutung durch spektrographische Aufnahmen nicht ohne Interesse. Bei dem Uranusspektrum erhalten derartige Aufnahmen sogar noch eine höhere Bedeutung dadurch, dass durch sie auf das Eklatanteste die kühne Behauptung, die Lockyer vor einigen Jahren aufgestellt hat, das Uranusspektrum sei nicht als ein Absorptions-, sondern als ein Emissionsspektrum anzusehen, zurückgewiesen wird.«

Die beiden in Potsdam benutzten Spektralapparate sind in Verbindung mit dem 13-zölligen photographischen Refraktor zur Anwendung gekommen, das verbesserte Spektrometer seit 1893. Von dem hellsten Planeten Venus liegen ausserdem Spektralaufnahmen mit dem Spektrographen mit sehr starker Zerstreuung vor, den Prof. Vogel zur Untersuchung der Eigenbewegung der Sterne in Verbindung mit dem elfzölligen Refraktor des Observatoriums benutzt habe. Ein ganz ähnlicher Apparat mit nur einem einfachen Prisma, der ebenfalls am elfzölligen Refraktor angebracht werden konnte, dessen Zerstreuung aber erheblich grösser war, als die der zuerst erwähnten Instrumente, hat einige Male zur Aufnahme der Spektra von Mars und Jupiter gedient.

Die Aufnahmen im Jahre 1892 sind meist von Prof. Frost, die späteren von Dr. Wilsing gemacht worden. Zu den Ausmessungen, die sämtlich von Prof. Vogel ausgeführt worden sind, wurde ein früher beschriebenes Mikroskop benutzt. Bei einigen in der Dämmerung gemachten Aufnahmen ist das Spektrum des Himmelsgrundes zu beiden Seiten des Planetenspektrums sichtbar, und es lässt sich eine direkte Vergleichung der Linien beider Spektra vornehmen. Bei anderen Aufnahmen ist beiderseitig vom Planetenspektrum das Spektrum eines in der Nähe befindlichen helleren Sternes mit aufkopiert worden, und auch hier ist eine direkte Vergleichung der Linien möglich, wenn der Stern der zweiten Spektralklasse angehörte. Zum mindesten konnten bei Sternen der ersten Spektralklasse die Wasserstofflinien identifiziert und dadurch Anhaltspunkte für weitere Messungen erhalten werden. Die meisten Aufnahmen sind aber ohne Vergleichsspektrum, da die nicht leicht zu verkennenden Linien H und K und die Liniengruppe G genügende Marksteine boten, um durch Messung die anderen Linien bestimmen zu können.

Eine Beschreibung des Apparats, dessen sich Huggins zur Herstellung der Planetenspektra bedient hat, ist in der klassischen Abhandlung: »Photographie Spektra of Stars«, zu finden.

Die Ausdehnung der Spektra ist beträchtlich geringer als die der mit dem Potsdamer photographischen Refraktor hergestellten.

Was nun die einzelnen Planeten anbelangt, so giebt Prof. Vogel die Ergebnisse seiner Messungen der Wellenlängen der einzelnen Linien. Beim Merkur konnten 28 Linien identifiziert werden, und es ergab sich eine vollkommene Übereinstimmung derselben mit dem Spektrum des hellen Himmelsgrundes. Bezüglich der Venus fand sich, dass zwischen den Wellenlängen λ 460 $\mu\mu$ und λ 406 $\mu\mu$ über 500 Linien im Venusspektrum mit Linien des Sonnenspektrums identisch sind, und dass in bezug auf die Intensität der Linien eine vollständige Übereinstimmung beider Spektra besteht.

Von Huggins lag vom Jahre 1879 eine Aufnahme vom Venusspektrum gleichzeitig mit dem Spektrum des hellen Himmelsgrundes vor. Eine Vergleichung beider Spektra ergab eine vollständige Übereinstimmung der Linien des Tageslichtsspektrums mit den Linien im Planetenspektrum; es konnten über 80 Linien in beiden Spektren erkannt werden, und es hat sich nicht die geringste Anomalie im Planetenspektrum gezeigt. Das photographische Spektrum erstreckte sich von 480 $\mu\mu$ bis λ 320 $\mu\mu$.

Das Spektrum des Mars ist zu Potsdam 1892 und 1894 an drei Abenden photographisch aufgenommen worden. An einer Aufnahme vom 27. Juli 1892 (30 Minuten Exposition) konnten zwischen F und K 75 Linien mit Linien des Sonnenspektrums identifiziert werden, und es war keinerlei Abweichung vom Sonnenspektrum auf dieser Strecke des Spektrums zu konstatieren.

Huggins hat ebenfalls im November 1894 einige Aufnahmen des Marsspektrums angefertigt, die sich weit über Violett hinaus

erstrecken und ebenfalls keinerlei Abweichungen vom Sonnenspektrum erkennen lassen. Aus früherer Zeit liegen von ihm keine Aufnahmen vor.

»Zur Ergänzung meiner Mitteilungen über die Huggins'schen Beobachtungen aus dem Jahre 1867,« sagt Prof. Vogel, »habe ich noch anzuführen, dass Huggins seine auf Grund früherer Beobachtungen ausgesprochene Vermutung, die Liniengruppen im Blau und Violett seien Ursache des Prädominierens der roten Farbe des Mars, zurückgenommen hat. Die photographischen Aufnahmen heben noch den Zweifel, den die Beobachtungen von Huggins gelassen hatten, ob jene von ihm im brechbareren Teile des Marsspektrums wahrgenommenen Linien besondere, der Marsatmosphäre eigentümliche Linien oder Fraunhofer'sche Linien seien, völlig, und zwar entscheiden sie zu gunsten der letzteren Annahme.«

»Auch Maunder hat im Jahre 1877 Beobachtungen über den sichtbaren Teil des Marsspektrums angestellt, hauptsächlich, um Spuren atmosphärischer Absorption aufzusuchen und irgend welche Verschiedenheiten des Spektrums verschiedener Teile der Marsoberfläche ausfindig zu machen. Das Spektrum des Mars ist zu dem Zwecke mit dem Mondspektrum zu Zeiten verglichen worden, wo beide Gestirne nahezu gleiche Höhe über dem Horizonte hatten. Zur Zeit der Beobachtungen hat der Mars jedoch keine günstige Stellung gehabt; die Höhe über dem Horizonte ist nur 26°, bezw. 24° gewesen, und die Trennung der von unserer Atmosphäre hervorgebrachten Absorptionslinien von den Linien ähnlichen Ursprungs im Marsspektrum bot Schwierigkeiten. Die Beobachtungen haben jedoch ergeben, dass einige dieser Linien im Marsspektrum breiter und deutlicher erschienen als im Mondspektrum. Ferner wurden geringe lokale Verschiedenheiten des Spektrums der Oberfläche, die sich als Unterschiede in der relativen Intensität ganzer Regionen des Spektrums zeigten, erkannt.«

»Meine früheren Beobachtungen,« fährt Verfasser fort, »hatten in Übereinstimmung mit den Beobachtungen von Huggins ergeben, dass das Vorhandensein einer Atmosphäre des Mars, von ähnlicher Zusammensetzung wie die unserige, sich aus dem Auftreten gewisser Liniengruppen in der Nähe der D-Linien und der C-Linie, der tellurischen Liniengruppen α und δ, nachweisen lasse. Während Huggins bei sehr günstigem Stande des Planeten seine Beobachtungen anstellen konnte, war das Gegenteil bei meinen Beobachtungen der Fall; der Planet erhob sich nur wenig mehr als 20° über den Horizont, und in dieser Höhe machen sich die Absorptionslinien unserer Atmosphäre schon recht bemerkbar. Nur durch die sorgfältigste Beachtung dieses Umstandes und durch speziell zu dem Zwecke angestellte Beobachtungen an Fixsternen und am Monde konnte ich Sicherheit darüber gewinnen, dass das Marsspektrum eine Verstärkung der zarten tellurischen Liniengruppen zeigte.«

»Campbell hat nun im Jahre 1894 unter sehr günstigen atmosphärischen Verhältnissen und bei sehr grosser Höhe des Planeten über dem Horizonte Beobachtungen über das Marsspektrum angestellt und ist zu dem Resultate gekommen, dass die Existenz einer Atmosphäre des Mars sich nicht mit Hilfe des Spektroskops nachweisen lasse, indem es ihm nicht möglich gewesen sei, einen Unterschied zwischen Mond- und Marsspektrum, wenn beide Gestirne in gleicher Höhe gewesen wären, aufzufinden. Die mit den mächtigen Hilfsmitteln des Lick-Observatoriums von diesem eifrigen Beobachter ausgeführten Untersuchungen verdienen gewiss Beachtung; sie sind aber meines Dafürhaltens doch nur den hier angeführten früheren Beobachtungen gegenüber zu stellen, denn die Vorteile des grossen Instruments sind in dem vorliegenden Falle, wie ich schon eingangs erwähnt habe, nicht so erhebliche, dass durch sie die Beobachtungen an kleineren Instrumenten ganz zurückgedrängt werden.«

»Angeregt durch die Untersuchungen Campbell's habe ich bei der letztjährigen Marsopposition meine Beobachtungen wiederholt, leider aber wegen Ungunst der Witterung nur einmal, am 15. November 1894, Beobachtungen über die fraglichen Absorptionslinien im Marsspektrum anstellen können, und zwar mit dem Spektrographen IV, welcher auch zu direkten Okularbeobachtungen sich verwenden lässt, in Verbindung mit dem 13-zölligen photographischen Refraktor, der in bezug auf Lichtstärke infolge des Verhältnisses Öffnung zu Brennweite = 1 : 10 für Planetenbeobachtungen den Lickrefraktor erheblich übertrifft. Der Luftzustand war ein ausserordentlich günstiger. Der Planet stand 43° über dem Horizonte, der Mond 25°. Es wurde beobachtet:

Gruppe δ sehr deutlich im Marsspektrum, schwach im Mondspektrum,
» α auffallend im Marsspektrum, schwer zu sehen im Mondspektrum,
» λ 594.5 $\mu\mu$ } sehr deutlich im Marsspektrum, ebenso gut sichtbar
» λ 592.0 $\mu\mu$ } im Mondspektrum.

Bei schwacher Zerstreuung fällt im Spektrum unserer Atmosphäre eine schmale helle Stelle, etwas brechbarer als D, auf, die fast den Eindruck einer hellen Linie macht, aber hervorgebracht wird durch einen Mangel an den feinen Absorptionslinien, die in der Nähe der D-Linien auftreten. Dieser Streifen war im Marsspektrum sehr gut, im Mondspektrum aber kaum zu sehen. Somit kann ich in dieser Beobachtung nur eine Bestätigung meiner früheren Wahrnehmungen erblicken. Am 12. Dezember 1894, ebenfalls bei vorzüglich guter Luft, haben Scheiner und Wilsing mit denselben Instrumenten die Beobachtungen wiederholt, und auch sie gewannen die Überzeugung, dass die tellurischen Linien im Marsspektrum deutlicher hervortraten als im Spektrum des etwas tiefer stehenden Mondes.«

»Aus der Abhandlung Campbell's geht hervor, mit welcher Umsicht seine Beobachtungen angestellt worden sind; er betont mit

Recht, wie wichtig es sei, das Mondspektrum in derselben Breite erscheinen zu lassen wie das Marsspektrum. Ich bemerke beiläufig, dass auch ich alle erdenklichen Vorsichtsmassregeln bei meinen früheren Beobachtungen angewandt habe, dass ich nicht nur das Mondspektrum und die Spektra von Sternen der ersten Spektralklasse, in welchen ich die tellurischen Linien beobachten wollte, möglichst auf gleiche Breite mit dem Planetenspektrum gebracht habe, sondern beim Monde auch noch möglichst gleiche Lichtstärke mit dem Marsspektrum herzustellen versuchte. Nur in einem Punkte stimme ich nicht mit Campbell überein, nämlich darin, dass die Bereicherung unserer Kenntnis über das Spektrum unserer eigenen Atmosphäre durch die Untersuchung Thollon's im vorliegenden Falle von Bedeutung sei. Schon vor 20 Jahren waren die Absorptionslinien unserer Atmosphäre sehr genau bekannt und jedenfalls ausreichend für den vorliegenden Fall, wo es zunächst nicht darauf ankommt, die verwaschenen Bänder in Linien aufzulösen und einzelne schwache Liniensysteme zu erkennen, vielmehr darauf, aus dem Totaleindrucke, den die Absorptionsbänder machen, Schlüsse zu ziehen. Ich glaube nun, in dem Bestreben, möglichst ins Detail zu gehen, hat Campbell bei seinen Untersuchungen immer noch zu starke Zerstreuungen angewandt, und es ist ihm dabei Detail anderer Art, auf welches es ganz besonders bei der Entscheidung der Frage, ob ein Unterschied zwischen Mars- und Mondspektrum existiere, ankommt, entgangen. Campbell legt noch besonderes Gewicht auf die Beobachtung, dass am Rande des Mars die Absorptionslinien im Spektrum nicht stärker hervorgetreten seien. Auch mir ist es weder früher, noch jetzt gelungen, einen Zuwachs der Intensität dieser Linien mit Bestimmtheit konstatieren zu können; ich halte dies aber für sehr erklärlich, da der Übergang ein ganz allmählicher ist, und schliesslich doch nur am äussersten Rande des Planeten merkbare Unterschiede zu erwarten wären, und zwar in einem so schmalen Streifen, dass sich feines Detail nicht mehr erkennen lässt.

Von Huggins erhielt ich folgende Nachrichten über seine im Jahre 1894 im Vereine mit Mrs. Huggins angestellten Beobachtungen über die Absorptionsbänder im Marsspektrum. Am 8., 10. und 15. November haben Mr. und Mrs. Huggins das Spektrum des Mars mit dem des Mondes verglichen und am 15., 18. und 20. Dezember Beobachtungen des Marsspektrums angestellt, als der Planet nahe im Meridiane stand. Bei den Vergleichungen mit dem Mondspektrum wurde darauf geachtet, die in bezug auf Intensität und Breite so verschiedenen Spektra unter möglichst gleichen Verhältnissen zu beobachten.

An den drei genannten Beobachtungstagen war die Intensität der atmosphärischen Bänder in der Nähe der D-Linien, auf welche das Augenmerk fast ausschliesslich gerichtet wurde, im Mondspektrum sehr erheblichen Änderungen unterworfen; doch schätzten die Beobachter unabhängig und stets übereinstimmend die Liniengruppen,

auf welchen die Schätzungen hauptsächlich basiert waren — ein schmales Band bei λ 593 μμ und ein breiteres bei λ 592 μμ —, im Marsspektrum immer stärker; desgleichen erschien bei oft wiederholten Beobachtungen die breite atmosphärische Gruppe, welche die D-Linien einschliesst — λ 588.7 μμ bis λ 590.3 μμ —, deutlicher im Marsspektrum, obgleich der Mond zur Zeit eine geringere Höhe hatte.

Die Beobachter wollen ein definitives Urteil darüber, ob es im Marsspektrum Absorptionsbänder giebt, die nicht solchen unserer Atmosphäre entsprechen, einstweilen noch zurückhalten, glauben aber schon jetzt mitteilen zu können, dass sie nur geringen Zweifel hegen an der Existenz eines von D aus mehr nach Blau zu gelegenen Absorptionsbandes, welches, nach der brechbareren Seite an Intensität abnehmend, sich von λ 586 μμ bis λ 584 μμ erstreckt und bisher nicht als tellurische Liniengruppe bekannt ist. Die in dieser Gegend des Sonnenspektrums befindlichen Linien haben die Entscheidung wohl etwas erschwert, aber eine Irreführung durch dieselben scheint ausgeschlossen. Die Sichtbarkeit dieses Bandes ist Veränderungen unterworfen, die nach der Ansicht der Beobachter möglicherweise von dem Zustande der Atmósphäre des Planeten abhängen.

Ich glaube, dass noch weitere Beobachtungen auch von anderer Seite abgewartet werden müssen, um die Frage zum definitiven Abschlusse zu bringen, möchte jedoch nicht unerwähnt lassen, dass eine Marsatmosphäre sich auch bei den photometrischen Beobachtungen von Prof. Müller deutlich zu erkennen gegeben hat, entgegen der früheren Ansicht, die auf wenigen Beobachtungen Zöllner's basierte, dass die Atmosphäre des Mars ganz ausserordentlieh dünn sein müsse, indem sich Mars, in verschiedenen Phasen beobachtet, ähnlich wie unser Mond verhalte. Die Müller'schen Beobachtungen zeigen, dass Mars in seinem photometrischen Verhalten ein Zwischenglied zwischen Merkur und Mond einerseits und Jupiter und Venus anderseits bildet, und dass seine Atmosphäre in bezug auf Dichtigkeit wohl am ersten mit der unserer Erde zu vergleichen ist. Hiernach wäre es wohl kaum zu erwarten, dass sich spektroskopisch gar keine Anzeichen einer Gashülle erkennen lassen sollten.«

Das Spektrum des Jupiter wurde zu Potsdam am 22. Oktober 1881 photographiert. »Es erstreckt sich von λ 487 μμ bis λ 380 μμ; in demselben sind nur 15 Fraunhofer'sche Linien mit Sicherheit wahrzunehmen, da der Spalt ziemlich weit geöffnet war. Keinerlei Abweichungen vom Sonnenspektrum sind zu erkennen. Eine Aufnahme vom 24. Oktober desselben Jahres mit Spektrograph II ist vorzüglich gelungen. Das Spektrum ist von F bis H zu verfolgen. Es ist von F bis λ 446 μμ sehr schwach, und nur wenige Linien sind in diesem Teile des Spektrums sichtbar; ähnlich verhält es sich mit dem violetten Ende, welches von λ 405 μμ bis H recht matt ist. Der übrige Teil des Spektrums ist aber sehr linienreich; es konnten über 100 Linien des Jupiterspektrums mit Linien des Sonnenspektrums identifiziert werden.

»Während bei den eben erwähnten Aufnahmen der Spalt des Spektrographen parallel zur Richtung der täglichen Bewegung stand, demnach auch nahezu parallel der Richtung der Streifen, ist bei vier Aufnahmen vom 1. November 1894, die mit dem Apparate IV aufgenommen worden sind, der Spalt senkrecht zur Richtung der Streifen gestellt worden, um etwaige Verschiedenheiten in der Intensität des Spektrums der auffällig rot gefärbten Äquatorialstreifen im Vergleiche zu dem übrigen Teile der Scheibe aufzufinden. Von den vorzüglich gelungenen Aufnahmen zeigt die eine, bei 2^m Exposition hergestellt, etwa 70 Linien, die mit dem Sonnenspektrum übereinstimmen; die drei anderen Platten (zwei mit je 3^m, eine mit 4^m Exposition) lassen 66 Linien in den Spektren erkennen. Die beiden Äquatorialstreifen markieren sich sehr deutlich; sie erscheinen im Negative als helle Streifen, welche der Länge nach das Spektrum durchsetzen. Die Helligkeit dieser Streifen nimmt deutlich nach Violett hin zu; in der Gegend zwischen F und G ist dagegen der Kontrast zwischen dem Spektrum der Äquatorialstreifen und dem Spektrum der nebenliegenden Teile der Planetenscheibe nur gering. Irgend eine andere Verschiedenheit, als die der stärkeren allgemeinen Absorption ist im Spektrum der Äquatorialstreifen nicht zu erkennen.

Von Huggins liegen zwei Spektrogramme des Jupiter aus dem Jahre 1878 mit dem Spektrum des Himmelsgrundes zu beiden Seiten des Planetenspektrums vor; ersteres erstreckt sich auf der einen Aufnahme nur wenig über K ins Ultraviolett hinaus, während das Planetenspektrum bis λ 333 $\mu\mu$ noch kräftig ist und sich bis λ 326 $\mu\mu$ verfolgen lässt. Das schwache Vergleichsspektrum gestattet nur einen Vergleich der Hauptlinien des Planetenspektrums mit dem Sonnenspektrum; der Vergleich nach dem Atlasse ergab die vollste Übereinstimmung von 57 Linien des ersteren mit Fraunhofer'schen Linien.

Die zweite Aufnahme ist weniger gut; es sind nur 15 bis 20 Linien mit Bestimmtheit zu erkennen, die mit Linien des Himmelsgrundes vollkommen übereinstimmen.«

»Eine merkwürdige Beobachtung über das Jupiterspektrum«, fährt Prof. Vogel fort, »liegt von Henry Draper vor. Am 27. September 1879 hatte Draper ein Spektrum des Jupiter bei zur Richtung der Äquatorialstreifen senkrechter Stellung des Spaltes aufgenommen, und es zeigte sich, dass ein schmales Band das Spektrum nahe der Mitte desselben durchzog. Die Helligkeit dieses Bandes war ungleich; es war von h bis über H hinaus sehr viel heller (im Negative) als das Spektrum der nebenliegenden Teile der Planetenscheibe, wurde von h nach dem Rot zu immer weniger hell und war in der Gegend zwischen G und F sogar dunkler als die Umgebung. Der Abbildung nach war die Zunahme der Helligkeit bei h sehr schroff, und die Dunkelheit bei F am grössten. Draper hält zunächst den Streifen, der das Spektrum durchsetzt, für von den Äquatorialstreifen des Jupiter herrührend und kommt zu dem Schlusse, dass eine leuchtende Materie vorhanden sein müsse, welche Licht in der Äquatorialzone des

Jupiter aussendet. Die Temperatur derselben sei nicht ausreichend, um Strahlen höherer Brechbarkeit zu emittieren, wohl aber sende sie Strahlen geringerer Brechbarkeit aus, die der Absorption, welche die Sonnenstrahlen in der Äquatorialgegend des Jupiter erleiden, im weniger brechbaren Teile des Spektrums entgegenwirken. Erst später auf das eigentümliche Spektrum aufmerksam geworden, hat Draper nachträglich ermittelt, dass zur Zeit der Aufnahme der damals vorhandene vielbesprochene rote Fleck auf der südlichen Hemisphäre des Jupiter auf der Mitte der Scheibe gewesen ist, und diesem schiebt er nun das eigentümliche Spektrum zu.

»Es liegt nun eine am 26. September 1879 auf der Sternwarte Dun Echt von R. Copeland und J. G. Lohse angestellte Beobachtung vor, die zu einer Zeit ausgeführt ist, wo ebenfalls der rote Fleck auf der Mitte der Jupiterscheibe war. Auch diese Beobachter hatten den Spalt senkrecht zur Richtung der Streifen gestellt, um das Spektrum der letzteren zu untersuchen. Sie fanden dasselbe genau meinen früheren Beobachtungen über die Streifen entsprechend; es zeigte sich als dunkles Band vom äussersten Rot bis λ 453 $\mu\mu$, am dunkelsten in der Nähe von F. Als die Beobachter, nachdem sie inzwischen das Spektrum der Satelliten beobachtet hatten, wieder verschiedene Teile der Jupiterscheibe untersuchten, fanden sie, dass der rote Fleck auf der südlichen Halbkugel, der sich gerade auf der Mitte der Scheibe befand, eine ähnliche Verdunkelung des Spektrums hervorbrachte, wie die Äquatorialstreifen.

Diese Beobachtung lässt sich nun nicht gut in Einklang bringen mit dem, was die Draper'sche Platte zeigt. Es kann unmöglich das Spektrum des Fleckes zwischen G und F heller sein als die Umgebung (im Negative dunkler), wenn im sichtbaren Teile des Spektrums der Einfluss des Fleckes ein derartiger ist, dass derselbe vom »äussersten Rot« an dunkler als die Umgebung ist. Man könnte daher nur annehmen, dass thatsächlich am folgenden Tage eine ganz besondere Eruption aus dem Inneren des Planeten stattgefunden habe, und der Fleck bei direkter Betrachtung nicht dunkler, wie gewöhnlich, sondern heller als die übrigen Teile der Scheibe gewesen sei. Dagegen spricht aber eine in Potsdam von Dr. O. Lohse ausgeführte Beobachtung, nach welcher der Fleck am 27. September 1879 wohl sehr intensiv rot gefärbt, aber sonst nicht abweichend von anderen Tagen erschienen ist.

Es bleibt daher wohl nur die Annahme, in der man noch sehr beim Anblicke der Abbildung bestärkt wird, übrig, dass ein Fehler in der photographischen Schicht die Ursache der eigentümlichen Erscheinung gewesen sei.

Über das Spektrum des roten Fleckes, der in den Jahren 1880 bis 1883 ein sehr auffallendes, das allseitige Interesse erregendes Objekt war, habe ich wiederholt Beobachtungen angestellt, jedoch nie die geringsten Abweichungen vom Spektrum der Äquatorialstreifen des Jupiter finden können.

»Über die Satelliten des Jupiter, deren Spektra ich früher untersucht hatte, ist aus neuerer Zeit nur eine Beobachtung von Kopeland und Lohse in Dun Echt anzuführen. Die Beobachter konnten in dem kontinuierlichen Spektrum keine Linien erkennen. Die Bemerkung, dass sich im Spektrum des dritten Mondes bei starker Verbreiterung des Spektrums mit Cylinderlinse zeitweilig ein dunkler Längsstreifen gebildet habe, als ob der Mond einen Äquatorialstreifen hätte, will ich nur der Vollständigkeit wegen hier anführen. Wert dürfte der Wahrnehmung nicht beizulegen sein, da bei Anwendung einer Cylinderlinse ein etwa vorhandener Äquatorialstreifen überhaupt nicht sichtbar werden kann. Ähnliche Erscheinungen, wie die beobachtete, kommen auch bei stark verbreiterten Fixsternspektren vor.

Ich habe auf Grund meiner früheren Beobachtungen die Vermutung ausgesprochen, dass in den Spektren der Monde die für das Jupiterspektrum so charakteristischen Linien im Rot vorhanden wären, was dafür sprechen würde, dass die Monde mit ähnlichen Atmosphären umgeben seien, wie der Hauptkörper. Bisher scheinen aber von anderer Seite Beobachtungen hierüber nicht gemacht worden zu sein, die doch mit grossen Instrumenten mit Aussicht auf Erfolg ausgeführt werden könnten.

Photogramme von den Satelliten sind in Potsdam angefertigt worden. Wilsing hat am 25. und 26. November 1892 spektrographische Aufnahmen vom III. Satelliten gemacht. Die Expositionszeiten betrugen 20^m und 30^m. Auf der ersten Aufnahme reicht das Spektrum von λ 487 $\mu\mu$ bis λ 370 $\mu\mu$; es ist sehr kräftig, in der Gegend bei G sogar etwas überexponiert und zeigt 40 Fraunhofer'sche Linien. Die zweite Aufnahme lässt 44 Linien erkennen. Am 14. Januar ausgeführte Aufnahmen der Satelliten I, II und IV zeigen gleichfalls einige Fraunhofer'sche Linien.«

Vom Saturn liegt nur ein in Potsdam angefertigtes Spektrogramm vom 17. März 1892 vor. »Bei 15^m Exposition ist ein kräftiges Spektrum entstanden, welches sich von F bis $H\zeta$ erstreckt, und in dem etwa 30 Fraunhofer'sche Linien sichtbar sind. Der Spalt ist etwas weit gewesen, und infolge dessen fliessen die feinen Linien zu Gruppen zusammen. Linienarme schmale Streifen im Spektrum bei $H\gamma$ und bei G und auch an einigen anderen Stellen des Spektrums erscheinen auffallend hell und machen auf den ersten Blick den Eindruck von hellen Linien; ein am 5. März 1892 bei derselben Spaltstellung aufgenommenes Mondspektrum zeigt aber ganz dieselbe Erscheinung, Abweichungen vom Sonnenspektrum sind nicht zu bemerken.

Von Huggins sind zwei Aufnahmen aus dem Jahre 1887 vorhanden. Die eine vom 23. März, Expositionszeit 1^h, ist dadurch merkwürdig, dass das Spektrum auffallend weit ins Ultraviolett — bis λ 315 $\mu\mu$ — zu verfolgen ist. Der Spalt ist weit gewesen, und deshalb sind nur zwölf Linien mit Sicherheit zu erkennen. Eine

weniger gute Aufnahme vom 19. März, etwa 20^m Expositionszeit, zeigt nur die Linien Hγ, G, H, K und zwei Liniengruppen im Ultraviolett. Aus dem Jahre 1889 liegen von Mr. und Mrs. Huggins sechs Aufnahmen vor, die noch besonderes Interesse dadurch bieten, dass der Spalt so gestellt worden war, dass neben dem Spektrum der Saturnkugel auch das Spektrum der Ansen der Ringe erscheint. Nicht der geringste Unterschied ist zwischen dem Planetenspektrum und dem Spektrum der Ringstücke, die besonders auf drei Platten deutlich getrennt erscheinen, zu erkennen.

Von diesen sechs Aufnahmen sind drei wenig detailreich, und nur die Hauptlinien sind im Planetenspektrum, sowie in dem gleichzeitig mit erscheinenden Spektrum des hellen Himmelsgrundes zu erkennen. Eine 4. Aufnahme, ohne Vergleichsspektrum, zeigt im Ultraviolett zwischen H und λ 344 $\mu\mu$ 22 Linien. Das Spektrum lässt sich noch bis λ 330 $\mu\mu$ verfolgen; im ganzen sind in demselben über 30 Fraunhofer'sche Linien zu erkennen. Bei Hγ und vor H zeigen sich dunkle Streifen im Negative, die wie von hellen Linien herrührend aussehen, ähnlich wie auf dem Potsdamer Spektrogramme. Auf der 5. Aufnahme fehlen diese dunklen Linien, der Spalt ist entschieden enger gewesen; das Spektrum erstreckt sich nur wenig ins Ultraviolett. Im ganzen sind 20 Linien im Planetenspektrum sichtbar; die Übereinstimmung mit dem Sonnenspektrum ist vollkommen.«

Lockyer hatte in einer Note vom 17. Februar 1889[1]) darauf aufmerksam gemacht, dass es bei der mehr und mehr sich befestigenden Hypothese, die Ringe Saturns seien aus meteorartig kleinen Körperchen zusammengesetzt, von Interesse wäre, das Spektrum der Ringe zu untersuchen. Falls nämlich Zusammenstösse dieser kleinen Körperchen unter Gas- und Lichtentwickelung stattfänden, könnte möglicherweise dadurch das Spektrum modifiziert werden. Er wurde durch den Anblick der Photographien des Saturn von den Gebrüdern Henry, auf welchen die Ringe noch viel heller als die Planetenscheibe erschienen, wie das bei direkten Beobachtungen der Fall ist, zu dieser Vermutung geführt.

»Aus den Huggins'schen Aufnahmen geht mit Bestimmtheit hervor, dass ein Unterschied zwischen dem Spektrum des Planeten und dem der Ringe in dem brechbareren Teile des Spektrums nicht stattfindet, und auch für den sichtbaren Teil des Spektrums ist dies durch Keeler nachgewiesen worden, der, durch die Notiz Lockyer's veranlasst, das Spektrum des Saturn und seiner Ringe auf dem Lick-Observatorium untersucht hat.

Bei der Untersuchung des Spektrums der Ringe konnte Keeler meine früheren Beobachtungen, die wegen der Kleinheit des Brennpunktbildes vom Saturn im Bothkamper Refraktor grosse Schwierig-

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 2881.

keit boten, bestätigen, indem er fand, dass im Spektrum der Ringe das für das Spektrum des Saturn so charakteristische Absorptionsband λ 618 $\mu\mu$ fehlt.

Die grössere Helligkeit der Ringe im Vergleiche zum Planeten überhaupt und insbesondere für die chemisch wirksamsten Strahlen erklärt sich aus dem Mangel einer Atmosphäre der Ringe, während die Atmosphäre des Planeten selbst ausserordentlich stark ist, ganz ungezwungen.«

Uranus. »Nach einigen vergeblichen Versuchen gelang es am 23. April 1892 Frost, mit Apparat III bei einer Exposition von 1^h 20^m eine gute Aufnahme des Uranusspektrums zu erhalten. Das Spektrum hat seine grösste Intensität zwischen F und G, da wegen des tiefen Standes des Planeten die violetten und ultravioletten Teile sehr geschwächt wurden. Es lässt sich noch bis zu der Linie H verfolgen, K ist nicht mehr mit Sicherheit zu erkennen.

Von Mr. und Mrs. Huggins ist eine wohlgelungene Aufnahme (2^m Exposition) des Uranusspektrums vom 3. Juni 1889 vorhanden, auf welcher das Spektrum des Planeten weiter ins Ultraviolett zu verfolgen ist, als auf dem Potsdamer Photogramme. Das Maximum der Intensität des Spektrums liegt bei dieser Aufnahme bei G. Zu beiden Seiten des Spektrums befindet sich ein sehr schönes detailreiches Tageslichtspektrum, welches erst am nächsten Morgen, bei Anwendung eines erheblich engeren Spalts, aufgenommen wurde. Es lässt daher zwar keinen direkten Vergleich mit dem Planetenspektrum zu, bietet aber doch sehr erwünschte Anhaltspunkte.

Die beiden in Potsdam und in London gefertigten Aufnahmen, die sich in vorzüglicher Weise ergänzen, liefern den Beweis, dass weder Absorptionsbänder, noch helle Linien in dem brechbareren Teile des Uranusspektrums auftreten, wohl aber zahlreiche Fraunhofer'sche Linien, und dass somit die Behauptung Lockyer's, das Uranusspektrum sei als ein Emissionsspektrum anzusehen, gänzlich hinfällig ist.«

»Die sorgfältige Untersuchung über den sichtbaren Teil des Uranusspektrums, die Keeler mit dem 36zolligen Refraktor der Lick-Sternwarte gemacht hat, ist in vollkommenem Einklange mit diesem Ergebnisse. Er erwähnt ausdrücklich, dass die Helligkeit gewisser Stellen des Spektrums in Gelb und Grün bei Anwendung schwacher Dispersion den Eindruck des Selbstleuchtens gemacht habe, als er das Uranusspektrum zum ersten Male beobachtete; fortgesetzte Untersuchungen mit verschiedenen Spektroskopen hätten ihn aber überzeugt, dass dieser erste Eindruck illusorisch und nur durch den Kontrast der hellen Stellen des kontinuierlichen Spektrums zu den dunklen Absorptionsbändern hervorgebracht sei.

Es ist Keeler gelungen, selbst die kontinuierlichen Spektra der beiden äusseren Satelliten des Uranus zu sehen.«

Der Mond.

Eine neue Bestimmung des Mondhalbmessers aus acht in den Jahren 1840 bis 1876 beobachteten Bedeckungen der Plejadensterne hat J. Peters ausgeführt[1]. Prof. Küstner hat bereits früher neun Plejadenbedeckungen aus demselben Zeitraume zur Bestimmung des Monddurchmessers verwertet. Das nach Ausschluss dieser schon berechneten Bedeckungen verbleibende Material war zu dem erwähnten Zwecke zwar minderwertig, weil in den meisten Fällen nur Beobachtungen von einem Mondrande, also nur Eintritte oder Austritte vorlagen, doch war die Berechnung auch deswegen lohnend, weil sich gute Mondpositionen daraus ableiten liessen. Peters hat den von ihm für den Mondradius erhaltenen Wert mit Rücksicht auf das Gewicht der Bestimmungen mit dem von Küstner erhaltenen kombiniert und giebt schliesslich folgende als die besten vorliegenden Bestimmungen des Mondradius r aus Sternbedeckungen:

$r = 15' 32.30''$ (aus 542 Plejadenbedeckungen vorwiegend vom dunklen Rande während 14 Durchgängen berechnet von Küstner und Peters).

$r = 15' 32.84''$ (aus 468 Plejadenbedeckungen von beiden Rändern bei sieben Durchgängen, berechnet von Küstner).

$r = 15' 32.65''$ (aus 488 Sternbedeckungen während zweier totalen Mondfinsternisse, berechnet von Struve).

$r = 15' 32.58''$ (aus 213 Sternbedeckungen zumeist vom dunklen Rande, berechnet von Battermann).

Im Mittel aus diesen vier Bestimmungen leitet Peters den Wert des Mondradius zu 15′ 32.59″ ab. Hiermit und mit der mittleren Hansen'schen Mondparallaxe (57′ 2.27″) ergiebt sich der lineare Mondradius in Teilen des Äquatorialhalbmessers der Erde zu 0.272518.

Dieser speziell aus Sternbedeckungen folgende Wert stimmt mit dem schon sehr lange verwendeten Werte von 0.272 50, innerhalb der noch verbleibenden Unsicherheit, die auf $\pm$ 0.000 03 zu veranschlagen ist, vollständig überein.

Beobachtungen der Mondoberfläche von Edward C. Pickering. Derselbe hat zu Arequipa und auf Mount Wilson Okularbeobachtungen und photographische Aufnahmen der Mondoberfläche angestellt und diese nunmehr veröffentlicht[2].

Er bemerkt zunächst, dass die Behauptung, die Schatten auf dem Monde seien absolut schwarz, indem keinerlei Licht in denselben bemerkt werde, nicht richtig ist. In Arequipa war (an einem

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3296 und 3297.

[2]) Annales of the Observ. of the Harvard College 32. Part. I. Cambridge 1895.

13 zolligen Refraktor), sobald der erleuchtete Teil des Mondes hinreichend schmal war, so dass das Auge nicht dadurch geblendet wurde, stets etwas Helligkeit innerhalb der schwarzen Schatten auf dem Monde wahrnehmbar. Diese Helligkeit war sogar hinreichend, um einzelne Details innerhalb der Krater, besonders derjenigen mit Zentralbergen zu zeigen, lange bevor sie vom ersten Strahle des Sonnenlichtes erreicht wurden. Bei einigen Kratern ist die Erscheinung deutlicher als bei anderen. So war am 20. März 1893 das Innere des Stevinus mit seinem Zentralberge, obgleich es noch im Schatten des Walles lag, deutlich zu erkennen, während das Innere des Snellius in dem nämlichen Abstande von der Lichtgrenze völlig schwarz erschien. Die nämliche Wahrnehmung war bei der vorhergehenden Lunation gemacht worden. Die Erscheinung wird von Prof. Pickering natürlich nicht einer Mondatmosphäre zugeschrieben, sondern dem Lichtreflexe der benachbarten, von der Sonne bereits erleuchteten Bergwände. Übrigens ist diese Wahrnehmung nicht neu. Schmidt hat etwas Ähnliches am 8. April 1856 beim Krater Boussingault gesehen und umständlich erörtert. Gruithuisen sah am 18. Oktober 1824 bei abnehmendem Monde in dem beschatteten Teile des Inneren vom Aristarch einen noch schwärzeren Punkt. Hierin gehört wohl auch die seltsame Wahrnehmung, die Dr. Klein am 9. November 1883 am Krater Birt (Thebit B) machte. Die Lichtgrenze des zunehmenden Mondes lag zwischen Stadius und Kopernikus und über Pitatus, die angewandte Vergrösserung war die 300-fache eines sechszolligen Refraktors. Das Innere von Birt war fast vollständig von tief schwarzen Schatten erfüllt, der Ostwall warf dagegen nach aussen einen grauen Halbschatten, und in diesem letzteren sah er mit vollkommener Deutlichkeit den schwarzen Schatten der grossen von Norden kommenden Rille, konnte jedoch von der südlichen Fortsetzung der letzteren, über den Schatten hinaus, nichts wahrnehmen.

Was die von Schroeter an den Hörnern der sehr schmalen Mondsichel wahrgenommene Dämmerung anbelangt, so hat Pickering niemals etwas davon wahrgenommen, weil sie — wie er bemerkt — von dem hellen Erdlichte im Monde überdeckt wird. Dagegen behauptet er, dass, wenn der Mond nahezu 90° von der Sonne entfernt steht, der Dämmerungssaum fast immer gesehen werden könne als schwacher Schein in der Verlängerung der Hörner, indem dort der dunkle Mondrand entschieden heller sei als in den anderen nur vom Erdlicht beschienenen Teilen. Der Dämmerungssaum erstrecke sich in einer Ausdehnung von 60″, man müsse aber mit starken Vergrösserungen (etwa 400-fach) danach suchen. Diese Wahrnehmung soll nach Pickering eine Dichtigkeit der Mondluft anzeigen, vergleichbar der Dichte unserer Erdatmosphäre in 40 engl. Meilen Höhe.

Die sogenannten Maren scheinen Pickering keineswegs die ausgetrockneten Betten ehemaliger Mondmeere zu sein, sie haben nach seiner Meinung niemals einen wesentlich anderen Anblick

dargeboten als heute. Auch scheint es ihm nicht wahrscheinlich, dass der Mond jemals animalisches oder vegetabilisches Leben ähnlich unserer Erde beherbergt hat, seine Oberfläche sei vielmehr seit den frühesten Zeiten eine verhältnismässig trockene und unfruchtbare Wüste gewesen. Zu diesen Schlüssen gelangt er teils durch theoretische Betrachtungen, teils durch seine Beobachtungen. Aus verschiedenen Gründen sei es unwahrscheinlich, dass der Mond jemals eine sehr dichte Atmosphäre besessen habe, denn wenn er sie wirklich ursprünglich besass, so konnte er sie nicht behalten; daraus aber folge weiter, dass unmöglich grosse freie Wasserflächen an seiner Oberfläche sich erhalten konnten infolge der ausserordentlichen Verdampfung bei gewöhnlichen Temperaturen. Vergebens hat sich auch Pickering in den Maren des Mondes nach den Wirkungen vormaliger Wassermassen umgesehen. Andeutungen davon bei schwachen Vergrösserungen zeigten sich an starken Vergrösserungen weit ähnlicher den Wirkungen der Hitze und des Schmelzflusses. Nichtsdestoweniger glaubt Pickering doch, dass voreinst Wasser, wenn auch in relativ geringen Mengen auf dem Monde vorhanden war, und selbst, dass es heute noch nicht völlig von dort verschwunden ist. Um die frühere Anwesenheit verhältnismässig geringer Wassermassen auf dem Monde nachzuweisen, glaubt Pickering sich an die Prüfung des feinen Oberflächendetails halten zu müssen und hat unter diesem Gesichtspunkte die grösseren Rillen untersucht. Bekanntlich zeigen sich diese als tiefe Risse im Mondboden, die in ihren Krümmungen häufig dem Zuge der Bodenerhöhungen, dem Rande eines Mares oder Kraters folgen. Bisweilen erscheinen auch mehrere Krater längs dem Zuge einer Rille angeordnet. Gewöhnlich treten solche Rillen in den Maren und im Inneren von dunklen Kratern auf und scheinen durch Kontraktion oder Absinken des Bodens entstanden zu sein. Das bemerkenswerteste Beispiel dieser Art ist die grosse Hyginusrille, während das Thal der Alpen kaum zu den Rillen gerechnet werden kann. Doch erstreckt sich längs seines Bodens eine von Prof. Pickering entdeckte äusserst feine Rille. Es giebt aber eine ganz andere Klasse von Rillen, welche wegen ihrer äusseren Ähnlichkeit mit irdischen Wasserläufen nach Prof. Pickering's Meinung wohl als Flussbetten bezeichnet werden dürfen. Diese kleinen Rillen sind äusserst schwach und schmal an dem einen Ende, breiter dagegen am anderen und endigen hier stets in birnförmigen Kratern. Dabei ist ihr Lauf meist geschlängelt, aber als Abweichung von irdischen Flüssen ist zu bemerken, dass die Mündung meist höher liegt als der Ursprung oder Anfang der Rille. Denkt man sich daher die Rille als durch die Wirkung von Wasser entstanden, so muss man annehmen, dass der See in den Fluss, nicht umgekehrt der Fluss in den See (oder Krater) floss. Überraschend wäre nur, dass die Ausflussöffnung stets so sehr breit ist, allein man muss bedenken, dass Rillen von schmalem Ursprunge nicht gesehen werden können, sondern nur die breiteren, und dass

auch wahrscheinlich nicht alle zu gleicher Zeit Wasser führten. Da die grossartigste vulkanische Thätigkeit auf dem Monde stattgefunden hat, so ist es nicht überraschend, wenn eine beträchtliche Wassermenge aus dem Inneren in Gestalt von Springquellen oder Geysiren ausgeworfen worden wäre. Als Beleg für ein solches Flussbett führt Pickering eine Rille an, welche südlich von dem Berge δ in den Apenninen herabkommt und in der Ebene längs des Mt. Hadley sich gegen Norden hinzieht und nach einigen Krümmungen an einem Hügel endigt, nachdem sie vorher von Osten eine andere gekrümmte Rille aufgenommen hat. Ihre Länge beträgt 65 engl. Meilen, ihre Breite am Ausgangspunkte etwa 2000 Fuss, später wird sie viel schmaler, wahrscheinlich unter 500 Fuss. Pickering zeichnete sie am 6. und 25. Februar und 5. und 27. März 1893. Schmidt hat einen Teil der Rille gesehen und in seine grosse Karte eingetragen.

Was die kleinen Rillen, die er Flussbetten nennt, anbelangt, so findet Pickering, dass dieselben eine ausgesprochene Tendenz zeigen, in Gruppen aufzutreten, so z. B. fünf nahe bei einander in den Harbinger Mountains und drei andere östlich davon. Im ganzen zählt er 35 hierher gehörige Formationen, darunter als augenfälligste eine im nördlichen Teile der inneren Fläche des Petavius. Einige schmale ähnliche Bildungen zeichnete Prof. Weinek in seiner Tuschierung der Lick-Photographie des Petavius, allein Pickering hat dieselben in Arequipa nicht am Fernrohre sehen können, was niemand überraschen wird, der die Sachlage bezüglich dieser Tuschierungsrillen, wie sie sich heute geklärt hat, kennt.

Ob diese kleinen Rillen wirklich Analoga unserer Flussbetten sind, dürfte doch sehr zweifelhaft sein, jedenfalls scheint die Benennung etwas verfrüht.

Prof. Pickering hat sich in zweiter Linie mit den kleinen dunklen Flecken beschäftigt, die sich an vielen Stellen der Mondoberfläche zeigen, besonders auch in einigen Ringgebirgen. Er bezeichnet mehrere als veränderlich, weil ihr Aussehen mit dem Sonnenstande wechselt. Am interessantesten findet er die Flecke in der Ringebene Alphonsus und Atlas. Die ersteren erscheinen seinen Beobachtungen zufolge am dunkelsten nach dem Vollmonde, wenn keine wahren Schatten vorhanden sind, dagegen werden sie bei niedriger Sonne unsichtbar, wenn die wahren Schatten am deutlichsten erscheinen. »Daher,« sagt Pickering, »ist es evident, dass hier eine wirkliche Veränderung der Natur der reflektierenden Oberfläche stattfindet. Wir kennen kein Gestein, welches stufenweise dunkler wird unter dem Einflusse der Sonnenstrahlen und später, wenn das Sonnenlicht abnimmt, wieder heller erscheint.« Er meint, man könne zur Erklärung nur an Wasser denken, doch könnten die Flecke nicht etwa Teiche sein. Dies könne schon aus dem Grunde nicht der Fall sein, weil einer der Alphonsusflecke während einer gewissen Zeit die Abhänge eines kleinen Hügels in der Nähe des Kraterwalles bedecke, von einer freien Wasseroberfläche könne also

keine Rede sein, ebensowenig von dem Auftauen eines etwa gefrorenen Bodens. Die Hypothese einer Vegetation bedarf gründlicherer Unterlagen; Pflanzen können ohne Feuchtigkeit nicht bestehen, doch brauchte diese anderseits nicht in Gestalt von Teichen oder Flüssen aufzutreten.

Eine sorgfältige Untersuchung von acht der augenfälligsten variablen Flecke im Alphonsus hat Prof. Pickering überzeugt, dass mit Ausnahme des grössten, jeder derselben genau in seinem Zentrum einen kleinen Krater hat. Der grösste Fleck besitzt zwei grössere und fünf kleine Krater. Alle kleinen Flecke sind um ihre Krater völlig symmetrisch geordnet, und dies findet sich auch in anderen Teilen des Mondes, kann also nicht zufällig sein. Die nächste wichtige Thatsache ist nach Pickering, dass diese dunklen Flecke von der Mondphase (also von der Lage der Lichtgrenze) unabhängig sind. Diejenigen nahe dem Westrande erreichen ihre grösste Dunkelheit eben vor dem Vollmonde, diejenigen in den mittleren Teilen der Mondscheibe eben nach Vollmond, diejenigen endlich nahe dem Ostrande sind am dunkelsten um die Zeit des letzten Viertels. Pickering hat gefunden, dass die Flecke im Atlas, Alphonsus und Hansteen, stets am dunkelsten sind innerhalb weniger als 48 Stunden, nachdem die Sonne ihren Meridian passiert hat, aber nie früher. Diese Thatsache, sagt er, ist deshalb wichtig, weil sie zeigt, dass die Dunkelheit von der relativen Stellung der Sonne gegen den Fleck abhängt und unabhängig ist von der Position des Beobachters.

Die zweite wichtige Thatsache bezüglich der Flecke ist deren verschiedene Art. Es giebt hellgraue, dunkelgraue und schwarze Flecke, d. h. ihre Farbe entspricht diesen Farben im Maximum der Dunkelheit. Die hellgrauen Flecke erreichen ihren dunkelsten Ton bereits zwei oder drei Tage, nachdem sie vom Sonnenlichte getroffen worden. Bisweilen bleichen sie allmählich ab, wie dies z. B. mit einem Teile des grossen Fleckes im Alphonsus der Fall ist; meist aber behalten sie ihre Färbung sieben bis zehn Tage lang und werden erst kurz vor Sonnenuntergang schwächer. Die dunkelgrauen Farben erscheinen in höheren Breiten (z. B. im Ringgebirge Atlas) zuerst um den 5. Tag nach Sonnenaufgang und brauchen bisweilen noch fünf Tage mehr, um abzudunkeln und sich auszubreiten. Nach diesem beginnen sie abzubleichen. Die schwarzen Flecke erscheinen noch später — im Atlas am 6. Tage — und bleichen noch früher ab, vielleicht am 12. Tage. In niedrigeren Breiten (im Alphonsus und Riccioli) erscheinen die dunkeln Flecke früher und verschwinden später. Aber selbst die Flecke in einem und demselben Krater erscheinen nicht immer zur nämlichen Zeit und haben nicht immer dieselbe Dauer.

Bisweilen sind die Flecke scharf umgrenzt, so im Julius Caesar, aber andere zeigen sehr unbestimmte Grenzen, z. B. Alphonsus a, besonders dann, wenn sie ihre Grösse ändern. Häufig werden sie

von kleinen Rillen begrenzt, z. B. im Alphonsus und Atlas, doch zeigen diese Rillen keine Ähnlichkeit mit Flussbetten, obgleich solche in den beiden genannten Kratern auch gefunden werden. Mit Rücksicht auf die geringe Dichtigkeit der Mondatmosphäre scheint es unmöglich, dass irgend ein Flussbett auf dem Monde gegenwärtig noch Wasser enthalten könnte.

Die Verteilung der Flecke ist völlig unregelmässig, sie erscheinen gegen den Rand hin dichter, zum Teile wegen der schrägen Lage zur Gesichtslinie, dagegen finden sich keine in der Nähe der Pole. Der nördlichste bekannte veränderliche Fleck ist Endymion in 55° nördl. Br. nahe dem westlichen Rande; der südlichste ist Pontecoulant e in 60° südl. Br. und ebenfalls nahe dem westlichen Rande. Der südlichste Fleck nahe dem östlichen Rande ist Schickard in 47° südl. Br., der nördlichste Fleck am östlichen Rande Riccioli in 2° südl. Br. Veränderliche dunkle Flecke sind in allen Maren gefunden worden mit Ausnahme des Oceanus Procellarum. Sie liegen meist gegen die Ränder der Maren hin, im Mare Tranquillitatis und Mare Nectaris aber über die ganze innere Fläche zerstreut. Die Mare selbst sind in Dunkelheit verschieden; so ist das Mare Foecunditatis nach dem ersten Viertel heller als das Mare Crisium, dann dunkelt es rasch ab und bleibt dunkler als letzteres bis nach dem Vollmonde. Wenn der Sonnenuntergang naht, so wird es wieder heller als das Mare Crisium, bis es verschwindet. Mare Nectaris und Mare Vaporum verhalten sich in ähnlicher Weise im Vergleiche mit dem Mare Serenitatis. Wenn die mit veränderlichen Flecken bedeckten Regionen selbst dunkel sind, so ist es oft sehr schwer, deren Veränderlichkeit zu erkennen. Dies ist z. B. der Fall mit der inneren Fläche des Plato, welche vor Jahren einer Veränderlichkeit der Färbung verdächtig erschien. Kein sicherer Beweis einer Veränderlichkeit ist bis jetzt bei Billy, Zupus oder Crüger erkannt worden, welche sämtlich augenfällig dunkle Formationen sind, und obgleich wahrscheinlich in ihrer Nähe veränderliche Flecke existieren. Die veränderlichen Flecke bedecken innerhalb der Kraterebenen gewöhnlich nicht die ganze Fläche, sondern sind meist längs des Randes derselben zerstreut, ebenso auf den niedrigen Abhängen innerhalb des Walles, dagegen werden sie niemals auf den Gipfeln der Umwallung und nur selten, wenn überhaupt, auf den äusseren Abhängen derselben angetroffen. Fast immer sind die Flecke farblos. Die einzige deutliche Färbung, welche Pickering entdeckte, war beim Endymion, dessen Inneres, wenn es zuerst vom Sonnenlichte getroffen wird, eine ausgesprochen gelbe Farbe zeigt, ja alsdann der gelbste Fleck auf der ganzen Mondscheibe ist. Cleomedes ist viel weniger ausgesprochen gelb, und Furnerius zeigt möglicherweise nur Spuren einer solchen Färbung. Die gelbe Farbe des Endymion scheint bisweilen einen Anflug von Grün zu erhalten, doch war dies nicht klar zu erkennen. Am besten kommen die Färbungen an starker Vergrösserung

heraus. Die innere Fläche des Endymion ist eine sanfte Ebene, aber von zahllosen Rillen durchbrochen. Die dort erscheinenden Flecke nehmen die Form länglicher Streifen an, ebenso wie im Grimaldi.

Bezüglich der Flecke in Hansteen, Alphonsus und Atlas werden detaillierte Mitteilungen der Beobachtungen gegeben. Es ist sehr zu bedauern, dass Prof. W. Pickering von den früheren Beobachtungen der von ihm sogenannten veränderlichen Flecke keine Ahnung hat, er nicht weiss, dass schon Gruithuisen diesen Flecken seine Aufmerksamkeit zugewandt, und Dr. Klein seit Jahren sowohl in der »Wochenschrift für Astronomie« als im »Sirius« Beobachtungen darüber veröffentlicht hat. Besonders Alphonsus und in diesem vor allem der dreieckige Fleck ist seit länger als 15 Jahren von ihm anhaltend verfolgt worden. Auch hat er von diesem Flecke auf Grund seiner Beobachtungen eine Spezialkarte entworfen, die in verschiedenen wissenschaftlichen Zeitschriften, zuletzt auch in seinem Buche: »Führer am Sternenhimmel«, reproduziert ist. Diese Karte ist das Ergebnis zahlreicher Beobachtungen.

Prof. Prickering verbreitet sich auch über die photographischen Aufnahmen des Mondes und teilt Proben seiner eigenen Beobachtungen mit, von diesen haben indessen nur die Darstellung des Kopernikus und diejenige der Apenninen wirklichen Wert, die übrigen sind zu matt oder zu wenig detailreich.

Die ersten Mondphotographien auf der Harvard-Sternwarte auf Trockenplatten wurden 1886 erhalten, und gegenwärtig sind dort bereits so viele vorhanden, dass wohl kaum ein Teil der Mondoberfläche existiert, der nicht bei verschiedenen Beleuchtungszuständen und verschiedener Libration aufgenommen wäre. Die angewandte Methode besteht darin, das im Fokus des Fernrohres entstandene Bild zu vergrössern, ehe es auf die photographische Platte fällt. Wenn die Vergrösserung achtmal nicht übertrifft, so wurde stets ein zweizolliges positives Okular mit bestem Erfolge angewandt; zu stärkeren Vergrösserungen diente das Objektiv eines Mikroskops von $^1/_2$ Zoll Brennweite und grossem Gesichtsfelde. Für die Planeten Merkur, Mars, Jupiter und Saturn wurde eine Skala von 2″, für Uranus und Neptun von 5″, für den Mond von 10″ auf den *mm* angewandt. Da der Mond aktinisch soviel heller ist, so erscheint es zunächst befremdlich, dass bei ihm eine stärkere Vergrösserung nicht mit Vorteil anwendbar ist. Die Erklärung ist die, dass zwar die Scheibe des Vollmondes sehr hell ist, an der Lichtgrenze dagegen, d. h. in den Regionen, die man vorzugsweise scharf zu photographieren wünscht, die Helligkeit sehr erheblich vermindert ist. Dazu kommt seine rasche und ungleichförmige Bewegung. Gegenüber den in neuerer Zeit von verschiedener und zum Teile durchaus nicht genügend unterrichteter Seite aufgestellten Behauptungen, dass die Mondphotographien mehr Detail erkennen liessen, als die direkte Mondbeobachtung am Fernrohre, hebt Prof. Pickering ausdrücklich hervor, dass die besten Mondphotographien

nicht so viel Detail zeigen, als man mit einem sechszolligen und vielleicht selbst mit einem vierzolligen Refraktor direkt zu sehen im stande ist.

Jeder, der hinlänglich auf diesem Gebiete erfahren ist, kann schwerlich zu einem anderen Ergebnisse kommen. In bezug auf die allgemeinen Formen und das gröbere Detail, für zukünftige Vergleiche vom Aussehen desselben, ist dagegen die Photographie des Mondes ohne Rivalen, aber in bezug auf das, was thatsächlich am interessantesten beim Monde ist, das feinere, schwer wahrzunehmende Detail, giebt die Photographie nicht die leiseste Andeutung. Der Fall liegt hier durchaus nicht so wie beim Photographieren von Nebelflecken und feinen Sternen, wo das Auge seine Inferiorität lediglich dem Mangel an Licht verdankt. Beim Monde fehlt es durchaus nicht an Licht, und es vermag deshalb hier seine Überlegenheit in der Definition über die Photographie stets zu erweisen. Ungeachtet dessen ist eine weitere Vervollkommnung der heutigen Mondphotographie zu erwarten, welche letztere in Wirklichkeit nur wenig besseres liefert, als schon vor 30 Jahren erhalten wurde.

Die kleinsten auf den Mondphotographien noch erkennbaren Objekte. Die Frage nach der Grösse dieser Details ist in den letzten Jahren wiederholt ventiliert worden. Während auf der einen Seite behauptet wurde und noch wird, dass die Mondphotographien, sobald sie hinlänglich vergrössert würden, so feine Details zeigten, dass dieselben zum grossen Teile (vor allem gewisse Rillen) bis heute am Fernrohre direkt noch nicht gesehen worden seien, behaupten anderseits erfahrene Mondkenner und Astronomen, die auch gleichzeitig erfahrene Photographen sind, dass auf den vergrösserten Lick-Photographien bestenfalls nicht soviel Detail gesehen werden könne, als ein vier-, höchstens sechszölliger Refraktor direkt dem Auge zeigt. W. Prinz von der Brüsseler Sternwarte, der selbst die photographische Vergrösserung von Lick-Photographien in vorzüglicher Weise ausgeführt hat und offen erklärt, dass die von einzelnen betonten besonderen Schwierigkeiten solcher Vergrösserung gar nicht vorhanden, sondern nur erfunden sind, hat die Frage nach den Dimensionen des kleinsten auf solchen Photographien sichtbaren wirklichen Monddetails genau untersucht[1]).

Er macht zunächst darauf aufmerksam, dass ein Teil der wissenschaftlichen Presse mehr und mehr dem (amerikanischen) Journalismus verfalle, indem sie ohne Kontrolle und Kritik Sensationsnachrichten zu verbreiten liebe, die den nicht genügend mit der Sache bekannten Leser irre führen. Die wirklichen, gründlichen Arbeiten werden daneben kaum beachtet, vegetieren gewissermassen im Stillen fort, während die Bühne des Tages vom Lobgeschrei über unechte Leistungen widerhallt und zuletzt, wie durch Suggestion, selbst die Fachleute von diesem Lärme angesteckt werden.

---

[1]) Ciel et Terre 1894. 2. Nr. 19. p. 449 u. ff.

»Der Mond,« sagt Prinz, »ist einer derjenigen Himmelskörper, welcher am meisten von diesen Auswüchsen der Imagination der Erdbewohner zu leiden hat. Nach dem Glauben der Menge sind seine Lichtstrahlen im stande, Menschen, auf welche sie treffen, zu »Visionären« zu machen, es scheint aber, dass die lichtempfindliche Schicht der photographischen Platten einer ähnlichen Einwirkung unterliegt, wenn man von der ungeheuren Menge problematischer Details hört, welche einige auf den heutigen Mondphotographien erkannt haben wollen.« Um genau festzustellen, bis zu welchem Punkte diese Dokumente uns die Oberfläche des Mondes kennen lehren, hat deshalb Prinz die Untersuchung einer Anzahl der in seinem Besitze befindlichen Mondphotographien unternommen und sie in folgender Weise verglichen und gemessen.

Die Abzüge auf Papier wurden bei passender Beleuchtung mittels einer Lupe untersucht, welche gestattete, Ausdehnungen von 0.05 *mm* leicht zu sehen. Glasphotographien wurden im durchfallenden Lichte (transparent) gemessen unter dem mit einem Mikrometer versehenen Mikroskope. Prinz hat stets die günstig gelegenen und kleinsten Objekte auf jedem Bilde gemessen, ohne sich weiter darum zu kümmern, ob diese auch auf anderen Bildern der nämlichen Mondgegend sichtbar waren, da bekanntlich sehr kleine Krater oft bei geringer Veränderung des Sonnenstandes verschwinden. Kurz, er hat die Verhältnisse durchaus zu gunsten der Photographie angenommen und die erhaltenen Resultate in einer Tabelle zusammengestellt. Der wahre Monddurchmesser wurde dabei zu 3480000 *m*, der scheinbare zu 31′ 8″ angenommen, so dass eine Sekunde Bogenmass auf dem Monde einer wahren Länge von 1863 *m* entspricht.

Das erste Mondbild, welches er prüfte, ist die Kopie (Kohlepapier) eines Abdruckes der am 6. März 1865 von Rutherfurd zu New-York aufgenommenen Mondphotographie. Der Durchmesser des photographischen Objektives betrug 270 *mm*, die Vergrösserung des Bildes ist achtfach, so dass die ganze Mondscheibe 375 *mm* im Durchmesser haben würde. Die Dimensionen des kleinsten auf dem Bilde erkennbaren Objektes sind etwa 0.35 *mm* oder 3000 *m* in Wirklichkeit (1.60 Bogensekunden). Dieses Bild, sagt mit Recht Prinz, zeigt, bis zu welchem Grade von Vollkommenheit vor 30 Jahren die photographischen Operationen gediehen waren, denn das Original ist zweifellos dem Abzuge, den ich vor mir habe, überlegen. Einen Augenblick lang konnte man glauben, dass hiernach die Bilder, welche das grösste gegenwärtige Instrument geliefert, keinen Fortschritt über die Vergangenheit hinaus bekundeten. Doch verhält es sich anders, denn die neueren Photographien haben vor den älteren den grossen Vorzug der Tiefe der Töne und ebenso der ursprünglichen Grösse. Hätte man indessen, statt in den bemerkenswerten Resultaten von Rutherfurd und Warren de la Rue allein »hübsche Photographien« zu sehen, dieselben ernstlich studiert und dadurch den Eifer ihrer Verfertiger angespornt, so würden diese wohl zu

direkten Vergrösserungen übergegangen sein und auf diese Weise Darstellungen geliefert haben, gegen welche wir selbst heute kaum ankämpfen könnten. Alles was von damals bis zum Erscheinen der Lick-Photographien des Mondes auf diesem Gebiete geleistet worden ist, erscheint untergeordnet. Die Vergrösserungen am Fernrohre selbst machten ihre Probe erst in den Clichés der Gebrüder Henry zu Paris, und unter Anwendung dieser Methode allein kann man eine bessere Wiedergabe durch unsere optischen Apparate erwarten. In dieser Beziehung erwähnt Prinz beiläufig die von dem Brüsseler Instrumente (Objektiv 225 *mm*), das kaum für solche Aufnahmen geeignet ist, erhaltenen Clichés.

Eine von Burnham am 13. August 1888 ausgeführte Photographie (Objektiv 900 *mm*) lieferte ein Glaspositiv, das nach dem Brennpunktbilde zweimal vergrössert wurde. Sein Durchmesser beträgt 288 *mm*, und die kleinsten darauf erkennbaren Krater haben 3700 *m* Durchmesser. Indem diese Platte von Prinz bis 887 *mm* vergrössert wurde, erhielt er ein Negativ von grosser Schärfe, allein die Grenze der deutlichen Erkennbarkeit konnte nur bis 3600 *m* Durchmesser der Objekte erniedrigt werden.

»Als das Originalglaspositiv bei scharfer Vergrösserung eines Mikroskops untersucht wurde, zeigte es sich gestreift, mit feinen, wellenförmigen Strichen bedeckt, die bisweilen mit einander verbunden sind oder sich trennen, so dass das ganze Cliché wie von einem Netzwerke überzogen ist, dessen Maschen spindelförmig sind. Dieses Netzwerk ist weit feiner als das kleinste bekannte Detail der Mondscheibe, so dass es keine reale Existenz haben, d. h. dem Monde nicht angehören kann. Diese Schlussfolgerung drängt sich dem Beschauer auf, wenn man sieht, dass dieses Netzwerk sich auch in die schwarzen Schatten der Krater hinein fortsetzt und selbst ausserhalb des Bildes in der gleichen Form sichtbar ist. Die Kopie auf Glas eines Lick-Negativs wird ganz erheblich übertroffen von einer Photographie der Gebrüder Henry zu Paris, welche diese nach einer Aufnahme am 27. März 1890 herstellten. Das benutzte Instrument hat 330 *mm* Öffnung, die Vergrösserung ist 15-fach und das Bild auf gewöhnlichem, albuminiertem Papiere. Das kleinste auf diesem Bilde klar und deutlich sichtbare Objekt hat einen Durchmesser von etwa 2300 *m* oder 1.2″. Der Abdruck des Mare Nectaris ist der schönste der ganzen Reihe, die Umstände, welche jene Grenze zu erreichen gestatteten, sind so delikat, dass es nicht leicht sein wird, Ähnliches mehr zu erreichen.

In der That zeigt eine zweite Aufnahme, die an dem nämlichen Abende erhalten wurde, nur Details von 3000 *m* Durchmesser deutlich; andere, an späteren Tagen erhaltene nur solche von 3200 *m*. Nach dem vorhergehenden wird es nicht ohne Interesse sein, genauer ein Originalnegativ der Lick-Sternwarte zu untersuchen. Ein solches, aufgenommen am 12. Oktober 1890 von Holden und Campbell im Brennpunkte des grossen Refraktors bei einer Exponierung von drei

Sekunden, hat einen Durchmesser von 137 *mm*, und das kleinste deutlich darauf sichtbare Objekt ist etwa 3500 *m* gross. Dieses scheint nicht sehr von dem Ergebnisse der Prüfung des Glaspositivs derselben Sternwarte, welches oben erwähnt wurde, verschieden, in Wirklichkeit aber ist das Korn der Platten für die Positivs erheblich feiner als jenes der Negative, so dass auf letzteren die Details weniger bestimmt erscheinen. Ferner sind die hellen Partien des Negativs, statt rein und durchsichtig, mit Granulationen überstreut, die allerdings hier weniger dicht als in den dunklen Teilen auftreten, aber immerhin zahlreich genug sind, um die Messungen zu erschweren. Diese Granulationen zeigen sich auf der ganzen Platte, selbst ausserhalb des Bildes, und entstammen der Beschaffenheit der sensiblen Emulsion u. s. w. Diese Unvollkommenheiten verschwinden dagegen teilweise durch Kontakte beim Kopieren des Negativs auf einer positiven Platte mit sehr feinem Korne. Diese einfache Operation verlangt bei Mondphotographien strengste Kontrolle, hier haben die Hundertstel des Millimeters Wichtigkeit, und die zu kurze oder zu lange Exponierung, die Richtung des Lichtes, sowie der Gang der Entwickelung sind vermögend, die Ergebnisse gänzlich zu verändern. Das Korn des niedergeschlagenen Silbers, woraus das Bild besteht, besitzt auf dem Negative natürlich eine gewisse Dicke. Ist nun das Licht zu intensiv, oder fällt es schief auf, oder wirkt es zu viel oder zu wenig, so wird in jedem Falle das Positiv die Folgen davon empfinden. Sehr kleine Details werden dadurch ausgelöscht, die Körnung wird zur Streifung nach einer oder selbst mehreren Richtungen hin, und selbst zufällige Granulierungen werden sich unangenehm bemerkbar machen. Mit einem Worte: wenn man sorgfältig operiert, so werden von vier bis sechs Kopien eine oder zwei die mikroskopische Vergleichung mit dem Negativ ertragen, eine oder zwei, welche die wirklichen Details wiedergeben, ohne das geringste Korn zu fixieren. Auf diese Weise erklärt sich das scheinbar paradoxe Ergebnis, welches oben angeführt wurde, und gemäss welchem die Kopie detailreicher erscheint als das Negativ selbst. Dagegen zeigt eine Kopie des erwähnten Negativs auf einer gewöhnlichen Platte nur Details bis zu etwa 4300 *m* Durchmesser. Endlich erlauben zwei Vergrösserungen des nämlichen Negativs, eine auf Glas, die andere auf Papier, Schätzungen bis zu über 2800 *m* Durchmesser. Das ist alles, was Verf. von dieser Platte erhalten konnte, und seine Schätzung stimmt merklich mit den Ziffern überein, welche die ausgezeichnete Vergrösserung eines anderen amerikanischen Fokalbildes liefert, welches Verf. der Güte des geschickten Selenographen J. N. Krieger verdankt.

Der Schluss, zu welchem diese eingehende Prüfung führt, ist, dass die Krater von 250 *m* Durchmesser, die Tausende von gewundenen Rillen, mit einem Worte alle diese kleinsten Objekte, von denen man in den letzten Jahren soviel Wesens gemacht hat, sich in nichts auflösen bei der unparteiischen Prüfung der photographischen

Dokumente, wie sie sich ebenfalls in nichts auflösen vor dem unbefangenen Beobachter, der den Mond am Fernrohre untersucht.

Inzwischen scheinen die auf der Lick-Sternwarte 1891 erhaltenen Negative detaillierter als die von 1888. Die Grenze, bis zu welcher diese letzteren in der Darstellung reichen, ist leicht zu ziehen. Man sieht auf diesen Platten (vom 15. August 1888) nichts von den 2600—2700 *m* im Durchmesser haltenden Höhlungen, wie den kleinen Krater auf dem Walle des Torricelli oder jenen im Inneren des Ringgebirges Janssen, welche man dagegen auf Photographien der Gebrüder Henry (vom 27. März 1890) erkennt. Diese Krater sind übrigens keine Minima der Sichtbarkeit, denn sie finden sich schon auf den Mondkarten, und Stuyvaert hat sie 1880 an einem $5^1/_2$-zölligen Refraktor gezeichnet.

»Hoffentlich,« sagt Verf., »wird mich niemand im Verdacht haben, die Wichtigkeit der bis jetzt erlangten photographischen Mondaufnahmen verringern zu wollen, umsomehr, als ich mich dieser Aufnahmen fast täglich zu meinen Studien bediene. Mein Zweck war, bloss den wahren Wert derselben so genau als möglich festzustellen, um den in Umlauf gesetzten Übertreibungen ein Ende zu machen. Ich glaube, indem ich die Grenzen der Definition für die photographischen Platten von Holden und Campbell auf 2300 *m*, und für die der Gebrüder Henry auf 2000 *m* feststelle, die etwaige Unsicherheit meiner Schätzungen zu kompensieren. Diese Zahlen also bezeichnen die Durchmesser der kleinsten noch bestimmbaren Mondobjekte auf den besten und grössten photographischen Clichés. Nach so grosser Arbeit und Polemik sind wir also wieder bei den Schätzungen des verstorbenen Admirals Mouchez angelangt, welcher die Minima der Sichtbarkeit auf den zu Paris erhaltenen Mondphotographien zu 1 Bogensekunde oder 1500 bis 2000 *m* schätzte; und ebenso bleiben wir in Übereinstimmung mit Prof. Holden, welcher sagte, dass die Mondkarte von Schmidt sehr kleine Krater enthält, welche auf den Photographien nicht klar zu erkennen sind, infolge des relativ beträchtlichen Kornes der Platten. Endlich wird dadurch auch die Meinung von Burnham bestätigt, der nach einem genauen Studium seiner Clichés erklärte, dass sie alle Objekte enthielten, die man unter günstigen Umständen mit einem Refraktor von fünf bis sechs Zoll Öffnung direkt sehen könne. Es liegt kein Grund vor, heute nach ein oder zwei Jahren diese von hervorragenden Astronomen (unter denen sich ja auch die geschickten Photographen befinden, denen wir diese Mondbilder verdanken) geäusserten Ansichten zu ändern. Die in der Presse unterhaltenen Diskussionen über den Wert der Mondphotographien haben keinerlei Zweck, da sie nur von Personen fortgesponnen werden, die königlicher sein wollen, als der König selbst, und die ihre Wünsche für Wirklichkeiten nehmen.«

Die heutige Mondphotographie muss sich also darauf beschränken, Objekte der Mondoberfläche darzustellen, welche wenigstens 2000 *m* im Durchmesser haben. Wenn man es vorzieht, statt dieser Zahl,

zum Vergleiche irdische Gegenstände herbeizuziehen, so kann man daran erinnern, dass jene Photographien bequem den Kilauea auf Hawaii, Santorin und den neuen Krakatau zeigen würden, während der Krater des Kilimandscharo in Afrika schon sehr gute Luftverhältnisse erfordern würde, um dargestellt zu werden. Die Konturen einer Stadt von der Grösse Brüssels würden auf dem Negative der Gebrüder Henry ein Pünktchen bilden, nicht grösser als der Punkt auf dem i; auf einem Brennpunktcliché des Lick-Refraktors würde sie sogar nur ein Drittel dieser Grösse zeigen.

Kometen.

Die Kometen des Jahres 1894. Eine Zusammenstellung der Kometenerscheinungen des Jahres 1894, auf Grund des gesamten Beobachtungsmaterials und der darauf basierten Rechnungen giebt, wie alljährlich, Prof. H. Kreutz[1]). Folgendes ist ihr entnommen:

Komet 1893 IV. Die letzte Beobachtung ist am 8. Januar 1894 von Kobold in Strassburg angestellt worden. Am 26. Januar konnte Wilson in Northfield den Kometen noch als schwachen Schimmer erkennen, aber keine Ortsbestimmung mehr erlangen. Der Schweif hat nach den Aufnahmen Barnard's vom 10. November gegen die Oktoberaufnahmen eine mehr gerade Gestalt angenommen; ca. 18′ vom Kopfe breitet er sich in drei fächerförmige Zweige aus, doch ist nur der mittlere, der Hauptschweif, genügend weit, bis zu einer Länge von 6° zu verfolgen. Isolierte Nebelmassen in der Längsaxe des Schweifes sind auch auf diesem Photogramme zu erkennen.

Aus sämtlichen bis Ende 1894 veröffentlichten Beobachtungen hat Dr. Peyra die folgenden definitiven Elemente abgeleitet:

	Parabel	Ellipse	
$T =$	1893 Sept. 19.3572	Sept. 19.2595 m. Z. Berlin	
$\pi =$	162° 40′ 52.6″	162° 22′ 18.7″	M. Äq. 1893.0
$\Omega =$	174 56 26.6	174 55 12.0	
$i =$	129 48 58.4	129 50 14.1	
$\log q =$	9.911191	9.909551	
$e =$	1.0	0.996489	

Die weit bessere Darstellung, inbesondere der Deklinationen, durch die Ellipse lässt die Abweichung von der Parabel als begründet erscheinen.

Komet 1894 I (Denning), entdeckt von W. F. Denning in Bristol am 26. März 1894 in $\alpha = 10^h$, $\delta = +32°$ als ziemlich heller Nebel 10. Gr. von 1′ Durchmesser. Ein sternartiger Kern 11. 12. Gr. war vorhanden; derselbe war umgeben von einer fächerförmigen Koma, welche sich in der zur Sonne senkrechten Richtung in einen kurzen, schwachen Schweif von 2′ Länge und 1′ Breite fortsetzte. Da das Perihel schon seit sechs Wochen verflossen war, auch der Komet sich von der Erde entfernte, nahm die Helligkeit rasch ab, so dass die Beobachtungen schon bald ihr Ende finden mussten. Anfang Mai schliessen fast sämtliche Ortsbestimmungen; nur auf der Sternwarte in Nizza ist es gelungen, noch nach dem Mondscheine vom 22. Mai bis 5. Juni einige Beobachtungen zu erlangen.

Der Komet gehört zu der Klasse der Kometen mit kurzer Umlaufszeit;

---

[1]) Vierteljahrsschrift der Astron. Gesellschaft 30. p. 122 u. ff.

die letzten, von Schulhof abgeleiteten Elemente, welche sich allen Beobachtungen gut anschliessen, lauten:

Epoche 1894 März 28 0 m. Z. Berlin

$M = 6^{\circ}10'45.2''$

$\left.\begin{array}{l} \pi = 130\ 37\ 44.6 \\ \Omega = 84\ 21\ 50.9 \\ i = 5\ 31\ 47.5 \end{array}\right\}$ M Äq. 1894.0

$\varphi = 44\ 17\ 39.9$

$\mu = 478.363''$

$\log a = 0.580166$

$U = 7.42$ Jahre $\pm$ 30 Tage

$T = 1894$ Febr. 9.50 m. Z. Berlin.

Der Komet nähert sich nach Schulhof in der heliozentrischen Länge 284° der Bahn des Jupiter bis auf 0.16; bemerkenswert aber ist, dass in diesem Punkte auch die Bahn unseres Kometen diejenige des Brorsen'schen nahezu schneidet. Ein Zusammentreffen beider Kometen, allerdings ohne dass Jupiter in der Nähe gewesen ist, hat, wie Hind zuerst hervorgehoben hat, genähert im Jahre 1881 stattgefunden, und es ist nicht ausgeschlossen, dass hiermit das Verschwinden des seit 1879 nicht mehr wiedergesehenen Brorsen'schen Kometen zusammenhängt.

Komet 1894 II, entdeckt von W. F. Gale in Sydney am 1. April in $\alpha = 2^{1}/_{2}{}^{h}$, $\delta = -55^{\circ}$, zuerst beobachtet von Tebbutt in Windsor am 3. d. M. Der Komet zeigte sich als runder heller Nebel mit einer Verdichtung in der Mitte und schwachem Schweife. Nachdem er mehrere Tage lang in Dekl. nahe stationär gewesen war, wandte er sich nach Norden und wurde bereits gegen Ende des Monats auf der durch die Zentralstelle rechtzeitig avisierten nördlichen Hemisphäre sichtbar. Zuerst aufgefunden von Douglass in Flagstaff, Arizona am 26. April, wurde er am 28. d. M. von Charlois in Nizza und Porter in Cincinnati in $\alpha = 7^{h}$, $\delta = -28^{\circ}$ zuerst beobachtet. Gegen den 1. Mai erreichte der Komet, welcher am 13. April sein Perihel passiert hatte, mit $\Delta = 0.34$ die grösste Erdnähe. Zu dieser Zeit war er dem blossen Auge als ein Nebel 4.5 Grösse eben sichtbar, besass einen Durchmesser von 10′—15′ und einen elliptischen Kern von 20″ Durchmesser. Der Schweif, der im Okular kaum angedeutet erschien, konnte auf den photographischen Platten, die in Heidelberg, Paris, Sydney und auf Mount Hamilton erhalten wurden, bis zu einer Länge von 4°—6° verfolgt werden. Eine Teilung des Schweifes in mehrere Äste war deutlich zu erkennen. Zwei Aufnahmen des Kometen von Barnard vom 3. und 5. Mai sind in Astronomy and Astrophysics 13. p. 421 und 561 reproduziert.

Der Komet nahm, nachdem er seine Erdnähe überschritten hatte, rasch an Helligkeit ab; gegen Ende Mai war dieselbe auf die 7., Ende Juni auf die 9. und Ende Juli auf die 11.—12. Grössenklasse gesunken. Soweit die Beobachtungen bis jetzt veröffentlicht sind, ist die letzte Ortsbestimmung am 31. Juli von Courty in Bordeaux angestellt worden.

Im Spektrum des Kometen waren nach Campbell das kontinuierliche Spektrum, sowie das gelbe, grüne und blaue Band vorhanden. Auf einer photographischen Aufnahme hat derselbe Beobachter eine grosse Reihe heller Linien gemessen, welche eine nahezu vollständige Identität des Spektrums mit demjenigen des Kometen 1893 II ergeben.

Genaue Elemente des Kometen liegen noch nicht vor; von den vorhandenen werden die folgenden, welche Kohlschütter aus 6., 13., 28. April und 9. Mai abgeleitet hat, den Lauf des Kometen am besten darstellen.

$T = 1894$ April 13.5517 m. Z. Berlin

$\left.\begin{array}{l} \pi = 170^{\circ}38'16.5'' \\ \Omega = 206\ 20\ 59.3 \\ i = 87\ 3\ 51.8 \end{array}\right\}$ M. Äq. 1894.0

$\log q = 9.992\,741$

Periodischer Komet Tempel, 1894 III. Dank der vorzüglichen Vorausberechnung von Schulhof ist der Komet trotz seiner Lichtschwäche am 8. Mai 1894 von Finlay am Kap wieder aufgefunden worden. Der Fehler der aus den beiden früheren Erscheinungen 1873 II und 1878 III abgeleiteten Elemente betrug nur + 9ˢ in AR. und + 0.'5 in Dekl. Die diesjährige Erscheinung war wesentlich ungünstiger als die früheren; während in den letzteren die Lichtintensität ($1:r^2\Delta^2$) bis auf 1.1 stieg, erreichte dieselbe 1894 nur den Betrag von 0.19. Demgemäss ist auch der Komet in der ganzen Erscheinung ausserordentlich lichtschwach geblieben; Finlay schildert ihn bei der Auffindung als sehr schwache, kreisrunde Nebelmasse von 1′ Durchmesser, mit geringer Verdichtung in der Mitte, ein Aussehen, was sich im Laufe der Erscheinung nicht weiter geändert hat. Beobachtet ist der Komet sehr wenig; die publizierten Beobachtungen erstrecken sich nur bis Kap am 14. Juni; doch dürfte nach einer Mitteilung von Barnard der Komet auf Mount Hamilton wesentlich länger, bis gegen Ende Juli, beobachtet worden sein.

Die Elemente von Schulhof, abgeleitet aus den beiden früheren Erscheinungen und genähert angeschlossen an die ersten Beobachtungen aus dem Jahre 1894, lauten:

$$
\begin{aligned}
&\text{Epoche 1894 Juni 4.0 m. Z. Berlin}\\
M &= 7^\circ\,52'\,48.6''\\
\pi &= 306\;\;15\;\;0.3 \\
\Omega &= 121\;\;10\;\;5.5 \quad \text{M. Äq. 1894.0}\\
i &= 12\;\;44\;\;21.9 \\
\varphi &= 33\;\;26\;\;27.4\\
\mu &= 679.''9391\\
\log a &= 0.478\,358\\
T &= \text{1894 April 23.28 m. Z. Berlin.}
\end{aligned}
$$

Komet 1894 IV (E. Swift), ein sehr lichtschwacher Komet 13.—14. Grösse von wahrscheinlich kurzer Umlaufszeit, entdeckt von E. Swift in Echo Mountain, Kalif., 20. November 1894 in $\alpha = 22^h$, $\delta = -13^\circ$. Ein kleiner Kern, sowie eine schwache Spur eines kurzen Schweifes waren vorhanden. Da die Helligkeit stetig abnahm, wird der Komet kaum über Ende Dezember hinaus beobachtet worden sein; die letzten publizierten Beobachtungen sind von Denver und Northfield am 31. Dezember. Schon die Entdeckungsbeobachtung liess Berberich die Identität mit dem verloren gegangenen Kometen 1844 I (de Vico) vermuten; weitere Untersuchungen von Schulhof scheinen diese Vermutung zu bestätigen, wenn auch eine positive Gewissheit zur Zeit noch nicht erlangt werden kann. Leider lassen nämlich die Beobachtungen bis Ende 1894 keine direkte Bestimmung der Umlaufszeit zu, so dass aus der diesjährigen Erscheinung kaum weitere Schlüsse auf die Identität zu erwarten sein werden. Gegen die Identität würde die grosse Lichtschwäche des Kometen E. Swift sprechen; doch steht nichts im Wege, dem später nie wieder gesehenen Kometen de Vico im Jahre 1844 eine ähnliche abnorme Helligkeitszunahme zuzuerteilen, wie sie sich bei dem Kometen 1892 III (Holmes) gezeigt hat.

Die nachfolgenden Elemente von Chandler schliessen sich nahe den Beobachtungen an; nur müssen die Werte von μ, e und $\log a$ als hypothetisch betrachtet werden, da nach Chandler selbst eine Parabel die Beobachtungen noch mässig gut darstellt[1]).

[1]) Im Jahre 1895 sind noch Beobachtungen des Kometen bis zum 29. Januar möglich gewesen. Die hierauf gegründeten neueren Untersuchungen von Chandler in A. J. 338 lassen eine Identität der Kometen de Vico und E. Swift als nahezu gewiss erscheinen.

$T = 1894$ Okt. 12.4737 m. Z. Berlin
$\pi = 345^\circ 32' 48.1''$
$\Omega = 48\ 45\ 57.4$ } M. Äq. 1894.0
$i = 2\ 57\ 55.1$
$\varphi = 34\ 43\ 58.0$
$\mu = 609.''56$
$\log a = 0.51000$

Enke'scher Komet 1895 I. Nach der Ephemeride von Backlund wurde der Komet am 31. Oktober 1894 von Wolf in Heidelberg und Perrotin in Nizza, am 1. November von Cerulli in Teramo wieder aufgefunden. Zunächst noch ausserordentlich lichtschwach, konnte derselbe erst von Dezember ab auch in Fernrohren mittleren Ranges beobachtet werden. Mitte Januar, kurz vor seinem Verschwinden im Tageslichte, war der Komet recht hell, fast dem blossen Auge sichtbar. Ein schwacher Schweif konnte bis zu einer Entfernung von $1^1/_2{}^\circ$ vom Kerne verfolgt werden. Die letzte vollständige Beobachtung ist, soweit bis jetzt bekannt, am 22. Januar 1895 von Winkler in Jena angestellt worden; jedoch erhielt Holetschek in Wien noch eine genäherte Vergleichung mit β Aquarii am 24. Januar. Nach der Rückkehr vom Perihele wird der Komet noch eine Zeitlang am Morgenhimmel auf der Südhalbkugel beobachtet werden können. Die ganze Erscheinung bildet ein vollständiges Analogon zu derjenigen von 1861-1862 (Perihel 6. Februar 1862). Damals wurde allerdings der Komet wesentlich früher, bereits am 4 Oktober 1861 aufgefunden; die Ursache ist aber wohl nur darin zu suchen, dass im Jahre 1894 die Vorausberechnung erst verhältnismässig spät, gegen Ende Oktober, fertiggestellt werden konnte.

Die Elemente, welche Backlund der jetzigen Erscheinung zu grunde gelegt hat, lauten:

Epoche 1894 Dez. 11.0 m. Z. Berlin
$M = 343^\circ 21' 31.8''$
$\pi = 158\ 42\ 18.9$
$\Omega = 334\ 44\ 51.3$ } M. Äq. 1895.0
$i = 12\ 54\ 24.5$
$\varphi = 57\ 48\ 14.0$
$\mu = 1074.107\ 93''$
$\mu' = +0.069\ 299$
$\log a = 0.345\ 972$
$T = 1895$ Febr. 4.77 m. Z. Berlin.

Komet 1893 II wurde noch bis zum 20. Dezember beobachtet.

Kromm in Bordeaux hat aus sämtlichen bis jetzt bekannten Beobachtungen die folgenden definitiven Elemente abgeleitet:

$T = 1893$ Juli 7.308 66 m. Z. Berlin
$\pi = 24^\circ 28' 47.4''$
$\Omega = 337\ 21\ 1.8$ } M. Äq. 1893.0
$i = 159\ 58\ 1.6$
$\log q = 9.829\ 013$
$e = 0.999\ 4621$

Die Elliptizität der Bahn hält Kromm für verbürgt.

Der Zusammenhang des Kometen 1894 I (Denning) mit dem Brorsen'schen Kometen. Die Thatsache, dass der Brorsen'sche Komet 1879 und 1890 nicht wieder gesehen worden ist, trotzdem im letzten Jahre die Sichtbarkeitsverhältnisse sehr günstige sein mussten, zusammen mit der Bemerkung von Hind über diesen

Kometen, hat Dr. E. Lamp in Kiel zu genauen Untersuchungen veranlasst[1]), die zu einem befriedigenden Ergebnisse führten. Gestützt auf die Beobachtungen des Denning'schen Kometen zu Nizza hat er neue Bahnelemente des letzteren berechnet und mit diesen auch die Störungen abgeleitet.

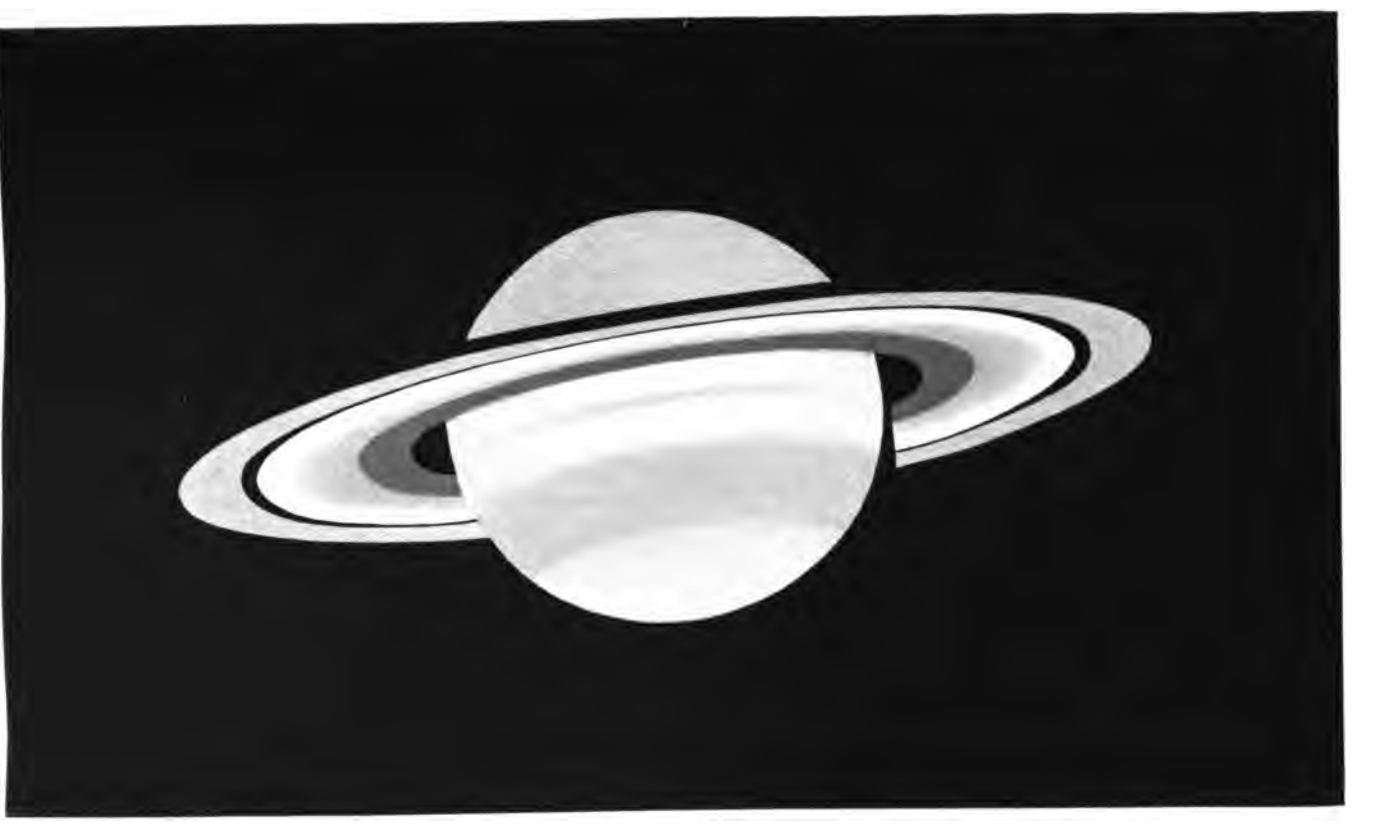
Es ergab sich so, dass die Bahn des Denning'schen Kometen diejenige des Brorsen'schen Kometen in 284° 26′ 51.3″ heliozentrischer Länge und — 1° 45′ 55.7″ Breite unter einem Winkel von 23° 58′ schneidet. Der Denning'sche Komet passierte diese Knotenlinie 1881 Januar 16.5101 in einer Entfernung von der Sonne, welche 0.713 723 Halbmesser der Erdbahn betrug. Der Brorsen'sche passierte die nämliche Linie 1881 Januar 23.9232 in einer Entfernung von der Sonne gleich 0.714 553 Erdbahnhalbmesser. Der Unterschied der Entfernung ist ziemlich unbedeutend, der Zeitunterschied beträgt dagegen noch immer 7.4 Tage. Indessen ist es von Wichtigkeit, dass die lediglich aus den Beobachtungen von 1894, ohne jede Rücksicht auf die Zusammenkunft 1881, abgeleiteten Bahnelemente des Denning'schen Kometen, doch bei Vergleichung mit der Bahn des anderen Kometen diese immerhin nur geringen Unterschiede ergaben.

Eine kleine Verbesserung der Annäherung beider Kometen ergiebt sich noch, wenn man nicht den Durchgang durch die Knotenlinie, sondern durch die Bahnnähepunkte (die Punkte der kleinsten Distanz beider Bahnen) betrachtet. Diese liegen für die Denning'sche Bahn in 284° 30′ 5.7″ heliozentrischer Länge — 1° 46′ 14.0″, Breite, für die Brorsen'sche in 284° 26′ 52.2″ heliozentrischer Länge, — 1° 45′ 56.1″ Breite, d. h. für Brorsen ganz dicht an der Schnittlinie der Bahnen, für Denning um einige Bogenminuten davon entfernt. Die Radienvektoren in diesen Punkten sind $\log r = 0.714\,069$, $\log r_1 = 0.714\,554$, und die Entfernung beider Punkte voneinander ist 0.008 617 Erdbahnhalbmesser, natürlich etwas grösser als die Differenz dieser beiden Radienvektoren. Der Denning'sche Komet passierte seinen Nähepunkt 1881 Januar 17.5641, der Brorsen'sche den seinigen 1881 Januar 23.9289; der Unterschied der Zeiten beträgt hier also nur noch 6.3648 Tage.

Die hier abgeleitete Bahnnähe ist besonders klein im Verhältnisse zu den Dimensionen, welche die Masse des Brorsen'schen Kometen regelmässig nach dem Perihele annahm.

Nach den Beobachtungen von Julius Schmidt im Jahre 1868 dehnte sich die Nebelhülle des Kopfes des Brorsen'schen Kometen aus, als derselbe sich von der Erde entfernte. Im Mai jenes Jahres betrug ihr Halbmesser 18.85 Erdradien. Legt man diese Grösse zu grunde, so findet man, dass die oben angegebene kleinste Entfernung der Bahnen beider Kometen nur etwa das Fünffache

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3278.



Lith. Anst. v E. A. Funke, Leipzig

Saturn und sein Ringsystem

am 2. Juli 1894 gezeichnet von E. E. Barnard am grossen Refraktor der Lick-Sternwarte.

Ed. H. Mayers Verlag, Leipzig

des Durchmessers des Kometenkopfes (der sogenannten Koma) ausweist.

Man kann es hiernach, bemerkt Dr. Lamp, für sehr wahrscheinlich erklären, worüber allerdings erst die Wiederkehr des Denning'schen Kometen volle Gewissheit bringen wird, dass die beiden Kometen Ende Januar 1881 gleichzeitig sich sehr nahe an demselben Punkte des Weltraumes befunden haben, und man kann sich vielleicht zu der Ansicht gedrängt fühlen, dass beide Weltkörper bis zu jenem Zeitpunkte nur einen Kometen bildeten, der durch irgend einen Vorgang auseinander gerissen wurde. Sollte letzteres sich bei der definitiven Bearbeitung als noch wahrscheinlicher ergeben, so würde man sogar unter gewissen Annahmen im stande sein, auch das andere Stück des früheren Brorsen'schen Kometen auf seinem neuen Wege zu verfolgen.

Der Komet Swift (1894). Schon gleich nach Entdeckung dieses schwachen Kometen wurde von kompetenter Seite die Vermutung ausgesprochen, derselbe sei wahrscheinlich identisch mit dem seit einem halben Jahrhunderte nicht mehr wiedergesehenen Kometen de Vico, welcher 5 1/2 Jahre Umlaufszeit besitzt. Die Rechnungen von L. Schulhof, welche sich auf drei Beobachtungen des neuen Kometen im Monate November 1894 stützen, haben jene Vermutung nunmehr bestätigt[1]).

Der nach seinem ersten Entdecker de Vico benannte Komet wurde am 22. August 1844 auf der Sternwarte zu Rom entdeckt und erschien im darauf folgenden September als Stern 6. Grösse dem blossen Auge. Im Fernrohre zeigte er einen Kern und schwachen Schweif. Bald nachher zeigten Brünnow und Leverrier, dass dieser Komet eine Umlaufszeit von nur 5 1/2 Jahren besitzt. Der Rechnung nach konnte er bei seiner nächsten Wiederkehr von der Erde aus nicht gesehen werden, dagegen musste er im August 1855 wieder sichtbar werden. Indessen sind damals alle Versuche, den Kometen aufzufinden, vergeblich gewesen, nur Goldschmidt in Paris glaubte, nahe dem Orte, wo der Komet stehen musste, einen schwachen Nebel zu sehen. Leverrier hat die Bahn dieses Kometen bis zum Jahre 1753 rückwärts berechnet und gezeigt, welche Veränderungen sie infolge der Anziehung des Jupiter erlitt. Hiernach hat die Länge des Perihels zugenommen, die Länge des aufsteigenden Knotens sich dagegen vermindert, und dies zeigt sich auch wieder bei der diesmaligen Erscheinung. Der de Vico'sche Komet musste 1885 dem Jupiter wieder sehr nahe kommen und, wie Schulhof nachweist, ist dies in der That bei dem Swift'schen Kometen der Fall gewesen, wodurch seine Umlaufszeit etwas vergrössert wurde.

[1]) Astron. Nachr. Nr. 2367.

Die unerwartete Auffindung des seit 50 Jahren verlorenen de Vico'schen Kometen ist, wie Schulhof bemerkt, eine sehr merkwürdige Thatsache. Sie wirft ein helles Licht auf die mysteriösen Verhältnisse, nach denen so manche Kometen von kurzer Umlaufsdauer sich nach einmaliger Erscheinung dem Auge der Astronomen anscheinend für immer entzogen haben, wie dies jüngst noch beim Brorsen'schen Kometen der Fall war. Der de Vico'sche Komet war 1844 recht hell und mehrere Tage lang sogar für das blosse Auge sichtbar. Seine Bahn war genau genug bekannt, um bei späterer Rückkehr den Ort am Himmel, wo er gesucht werden musste, anzugeben. Nichtsdestoweniger ist er, obgleich besonders 1855 die Sichtbarkeitsverhältnisse sehr günstig sein mussten und eifrig nach ihm gesucht wurde, nicht mehr aufgefunden worden. Seine Helligkeit im Jahre 1844 muss daher aussergewöhnlich gross gewesen sein, ähnlich wie die des Kometen Holmes 1892. Es ist daher nicht unmöglich, dass das schwache nebelartige Objekt, welches Goldschmidt 1855 nahe dem vorausberechneten Orte des Kometen sah, in der That dieser Komet war, und dass derselbe plötzlich lichtschwächer wurde und dadurch den Augen der Forscher sich entzog Nach der plötzlichen, aber kurz dauernden Helligkeitszunahme, welche die Kometen Biela, Pons, Brooks 1888 I, Brooks 1889 V und besonders der Komet Holmes gezeigt haben, kann man durchaus annehmen, dass ziemlich oft Kometen, die sehr lichtschwach sind, für einige Tage heller und dadurch sichtbar werden, um darauf wieder zu verschwinden. So können z. B. die Nebelflecke, welche Buckingham und Talmaga, sowie andere Beobachter, im November 1865 bei ihren Nachforschungen nach dem Biela'schen Kometen gesehen haben, wirklich Fragmente dieses Kometen gewesen sein, die nur kurze Zeit sichtbar waren. Man wird daher gut thun, bei den nächsten Rückkünften des Brorsen'schen Kometen wiederholt mit mächtigen Instrumenten die unmittelbare Umgebung des Ortes, wo sich der Komet zeigen sollte, aufs sorgfältigste zu durchmustern, statt die Nachforschung auf die weitere Umgebung auszudehnen, wodurch sie naturgemäss weniger sorgfältig sein wird.

Unter den Kometen von kurzer Umlaufsdauer ist der Komet de Vico der älteste bekannte, denn, wie Leverrier nachgewiesen, ist er identisch mit dem Kometen, der im Jahre 1678 gesehen wurde. Infolge seiner verhältnismässig grossen Periheldistanz ist er weniger, als die Kometen Biela und Brorsen, der zerstörenden Wirkung der Sonnenwärme ausgetzt. Seine Periheldistanz ist seit 1885 merklich grösser geworden und wird 1897 noch mehr zunehmen, in welchem Jahre der Komet dem Jupiter noch näher als 1885 kommen wird. Deshalb dürfte es schwer halten, den Kometen bei seiner nächsten Wiederkehr aufzufinden.

Sternschnuppen und Meteoriten.

Die Bahn eines am 4. Dezember 1893 in Schlesien beobachteten hellen Meteors ist von Prof. Galle bestimmt worden[1]. Für die geographische Lage des Endpunktes der Meteorbahn konnte mit einer Wahrscheinlichkeit bis eine oder zwei geographische Meilen die Gegend von Kotzenau (unweit Glogau) im nordwestlichen Schlesien angenommen werden, und zwar konnte die Höhe des Endpunktes auf 2.324 Meilen geschätzt werden. Der Radiationspunkt wurde mit einer Unsicherheit von $\pm 4^{0}$ in $A = 100^{0}\ 2'$; $D = 66^{0}\ 11'$ gefunden, woraus sich ergiebt, dass dieses Meteor dem Bielaschwarme nicht angehört hat, da der Radiationspunkt des letzteren im Sternbilde der Andromeda, 40^{0} entfernt, liegt. Mittels dieser Daten wurde weiter aus den Beobachtungen abgeleitet: die Länge der Bahn = 35.93 geographische Meilen, die Höhe des Anfangspunktes = 25.95 geographische Meilen, die geographische Länge = $35^{0}\ 2'$, desselben seine geographische Breite = $52^{0}\ 56'$ und der Neigungswinkel des beschriebenen Weges zur Erdoberfläche = 40^{0}.

Nach Feststellung der terrestrischen Bahn des Meteors berechnete Verfasser die kosmische Bahn und erhielt zwei Elementensysteme, die wiederum nur unwesentlich voneinander abweichen, und für die absoluten Geschwindigkeiten im Raume die Werte 7.580, bezw. 7.210 geographische Meilen in der Sekunde ergaben. Es findet sich, »dass die Bahn dieses Meteors wiederum eine entschiedene Hyperbel ist und eine neue Bestätigung aller genaueren Berechnungen von helleren Meteoren seit länger als 20 Jahren bildet, wie solche namentlich durch Professor v. Niessl's ausgezeichnete Arbeiten auf diesem Gebiete bekannt geworden sind. Es würde eine sehr viel geringere Geschwindigkeit, also eine sehr viel grössere Zeitdauer der Erscheinung in dem vorliegenden Falle angenommen werden müssen, als die Beobachtungen füglich zulassen (4.865 Sekunden), wenn die Bahn auf eine Parabel oder eine Ellipse gebracht werden sollte. Die hellen Meteore (Feuerkugeln) werden daher so lange als Körper (oder vielmehr Schwärme) mit sehr starken Anfangsgeschwindigkeiten gedacht werden müssen (mögen dieselben nun aus dem Weltraume oder aus dem Sonnensysteme kommen), als nicht besondere Ursachen aufgefunden werden, welche diese Geschwindigkeiten in der Nähe der Erde in diesem ungewöhnlichen Grade vergrössern. Über letztere Frage würde eine entscheidende Prüfung voraussichtlich dadurch erlangt werden können, dass es gelänge, die terrestrischen Geschwindigkeiten auch solcher Sternschnuppen oder Meteore zu ermitteln, welche, wie die Perseïden und Leoniden, bestimmt zu Kometen gehören, und deren wahre Geschwindigkeit im Raume daher unzweifelhaft bekannt ist.«

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3266.

Ein Meteoreisen, welches Argon und Helium enthält. Aus dem Meteoriten von Augusta County, Virginia, welcher nach einer 1871 ausgeführten Analyse 88.4 Fe, 10.2 Ni, 0.4 Co, 0.3 P, 0.2 C und ausserdem Cu, Sn, Mn, Cl, S und SiO_2 enthält, hat Ramsay 45 ccm eines Gases extrahiert, aus dem beim Verpuffen mit Sauerstoff einige Zehntel (H) verschwanden; der Rest ergab beim Durchschlagen elektrischer Funken in Gegenwart von kaustischem Natron nur noch eine geringe Zusammenziehung. Der Rückstand wurde getrocknet und erwies sich bei der spektroskopischen Untersuchung als Argon, dessen sämtliche charakteristischen Eigenschaften er zeigte. Man bemerkte ferner im Spektrum die gelbe Heliumlinie, und durch Vergleichung mit einer Probe reinen Heliums wurde die Identität derselben festgestellt; mit den D-Linien des Natriums war keine Übereinstimmung vorhanden. Wir sehen also, dass das Argon auch in einem ausserirdischen Körper vorkommt, obschon es in der Sonne nicht angetroffen worden ist. Ausser den Linien des Argon und des Helium fand man in dem vom Wasserstoffe befreiten Gase des Meteoreisens keine weiteren Linien. — Ramsay bemerkt bei dieser Gelegenheit, dass er das Helium in der Mehrzahl der Mineralien mit seltenen Erden gefunden; es ist daher um so auffallender, dass man dies nicht schon früher beobachtet hat[1]).

Fixsterne.

Erkennung von veränderlichen Sternen an ihrem photographischen Spektrum. Professor Edward C. Pickering verbreitet sich über die Entdeckung von Veränderlichen durch Spektralphotographie[2]). Es handelt sich dabei um Veränderliche von langer Periode und meist starken Lichtschwankungen. Die Spektren eines grossen Teiles dieser Sterne gehören dem III. Typus an und zeigen, wenn sie nahe dem Maximum ihres Lichtes sind, die Wasserstofflinien hell. Mit vielleicht einer einzigen Ausnahme sind Sterne dieses Verhaltens als veränderlich erkannt worden. Mrs. Fleming hat 34 neue Veränderliche dieser Klasse aufgefunden und nachgewiesen, dass 65 bereits bekannte Veränderliche sich spektroskopisch so zeigen, wie eben erwähnt wurde.

Neue veränderliche Sterne. Auf dem provisorischen Observatorium zu Arequipa in Peru sind infolge der photographischen Aufnahmen der Sternspektren verschiedene Sterne als der Veränderung verdächtig erkannt, und ist bei den folgenden der Lichtwechsel direkt nachgewiesen worden[3]).

---

1) Chem. Centralblatt 1895, p. 350.
2) Astrophys. Journal **1.** p. 27.
3) Astrophys. Journal **1.** p. 411 u. ff.

Konstellation	Bezeichnung	R. A. 1900	Dekl. 1900	Mag.	
				Max.	Min.
Tucana	. . . .	0h 18.4m	— 62° 14′	8.7	< 11.6
Pictor	A.G.C. 5428	4 43.5	— 49 25	8.1	9.5
Lepus	S B.D.—22° 995	5 0.6	— 22 2	8.2	10.9
Pictor	Z.C. 5h 283	5 8.3	— 48 38	8.6	< 13.3
Scorpius	. . . .	17 35 1	— 43 42	9.3	12.7
Telescopium . .	. . . .	20 7.6	— 47 18	8.4	11.6
Indus	Z.C. 20h 1539	20 49 6	— 54 42	8.4	< 12.4
Octans	. . . .	20 57.4	— 82 30	9.0	< 12.5
Grus	. . . .	21 42.1	— 47 22	8.4	< 12.5
Aquarius	. . . . .	22 13 2	— 21 26	8.4	11.6
Phœnix	A.G.C. 32334	23 53.9	— 57 8	7.2	8.7

Diese sämtlichen Sterne besitzen ein Spektrum des III. Typus und zeigen helle Wasserstofflinien, wodurch sie sich sogleich der Veränderlichkeit verdächtig machen.

T. E. Espin hat auf dem Wolsingham Observatorium folgende Sterne als veränderlich erkannt [1]):

Name	R.A. (1900) h m	Dekl. (1900) ° ′	Var.	Typus
D.M. + 62°.161	0 45.3	+ 62 23	8.7 bis ?	III
Es-Birm. 13	0 49.0	+ 58 1	8.6 » 10.5	IV
Anonyma	1 49.7	+ 58 46	9.3 » 10.8	IV
D.M. + 54°.622	2 49.6	+ 54 15	8.9 » 9.6	III
D.M. + 50° 2251	16 1.5	+ 50 47	7.8 » 8.9	IV
Anonyma	17 54.9	+ 58 14	8.0 » ?	IV
Anonyma	19 16.9	+ 37 41	8.3 » 10.3	IV

Der veränderliche Stern 3416 S Velorum, am südlichen Himmel, bildet nach Prof. Roberts ein Doppelsystem, in welchem ein schwach leuchtender Hauptstern von einem hellen, aber kleineren Begleiter umkreist wird. Der Hauptstern ist hiernach 9.25, der Begleiter 8. Grösse. Wenn der Veränderliche im kleinsten Lichte erscheint, so sendet uns nur der Hauptstern Licht zu, und dies dauert länger als 6 Stunden, im Maximum kommt uns dagegen das Licht beider Komponenten zu, und diese erscheinen als Stern 7.85 Grösse. Prof. Roberts drückt sein Bedauern darüber aus, dass auf der südlichen Erdhälfte sich kein Spektroskop befindet, welches kraftvoll genug ist, den Veränderlichen in den verschiedenen Phasen zu beobachten und die Bewegungen der beiden Komponenten messbar zu verfolgen. Ein 24zölliges photographisches Teleskop wird nächstens die Kap-Sternwarte erhalten, allein Keeler macht mit Recht darauf aufmerksam, dass selbst ein solches Instrument schwerlich im stande sein dürfte, die Linienverschiebungen im Spektrum eines Sternes 8. bis 9. Grösse zu zeigen [2]).

[1]) Monthly Notices **55.** Nr. 4. p. 222.
[2]) Astrophys. Journal **1.** Nr. 3. p. 262. 1895.

Der veränderliche Stern δ im Cepheus, welcher innerhalb einer Zeitdauer von 5 Tagen 8^h 47^m 40^s mit grosser Regelmässigkeit seine Helligkeit zwischen 3.7 und 4.9 Grösse verändert, ist von A. Bélopolsky in Pulkowa spektroskopisch untersucht worden. Die Beobachtungen erstrecken sich über die Zeit vom 3. August bis 11. September 1894. Das Spektrum gehört zum Typus IIa der Sternspektren und ist ähnlich demjenigen von α Bootis, und seine Linien zeigen innerhalb der Periode des Lichtwechsels geringe Verschiebungen. Der Stern beschreibt daher während dieser Zeit gleichzeitig mit einem anderen Sterne eine geschlossene Bahn um den gemeinsamen Schwerpunkt, so dass es sich also in diesem Falle, ähnlich wie beim Algol, um einen überaus engen Doppelstern handelt, der im Fernrohre nicht zu trennen ist. Nach der von J. Lehmann-Filhés angegebenen Methode hat Bélopolsky aus seinen Messungen der Linienverschiebung und den Spektrogrammen näherungsweise Bahnelemente dieses Doppelsternes abgeleitet. Die Umlaufszeit ist natürlich gleich der Periode des Lichtwechsels, die Geschwindigkeit in der Bahn bloss $2^3/_4$ geogr. Meilen in der Sekunde, der Radius der Bahn 180000 Meilen, und das ganze System nähert sich uns mit einer Geschwindigkeit von etwa $2^1/_2$ Meilen.

Die periodischen Lichtänderungen von Z Herculis sind von N. C. Dunér genauer untersucht worden[1]). Er kommt bezüglich der Ursache des Lichtwechsels zu folgendem Ergebnisse: »Z Herculis besteht aus zwei Sternen von gleicher Grösse, von denen aber der eine doppelt so hell ist als der andere. Diese Sterne bewegen sich um ihren gemeinsamen Schwerpunkt in einer elliptischen Bahn, deren halbe grosse Axe sechsmal grösser ist als der Durchmesser der Sterne. Die Ebene dieser Bahn geht durch die Sonne, ihre Exzentrizität ist 0.2475, und die Apsidenlinie macht mit der Gesichtslinie einen Winkel von 4^0. Die Sterne vollenden einen Umlauf in 3^d 23^h 48^m 30^s«. Hiernach nimmt Z Herculis unter den Sternen des Algoltypus eine besondere Stellung ein, er bildet das bisher noch vermisste Zwischenglied zwischen Algol und Y Cygni.

Die Parallaxe von η Cassiopejae. In der Zeit vom 30. Juli 1870 bis 21. Dezember 1873 hat Rutherfurd 27 Negative der Sterne um η Cassiopejae aufgenommen. Hermann S. Davis hat diese Aufnahmen untersucht[2]) und vermessen zum Zwecke, daraus eine jährliche Parallaxe von η Cassiopejae abzuleiten. Die Aufnahmen wurden auf die Epoche 1872.0 reduziert unter Annahme der von Auwers gegebenen Eigenbewegung von jährlich $+ 0.1346^s$ in Rektaszension und $-0.481''$ in Deklination. Der Ort von η Cassiopejae ist für 1872.0 hiernach:

Rektaszension 0^h 41^m 22.108^s, Deklination $+ 57^0$ $8'$ $10.50''$.

---

1) Astrophys. Journal 1. p. 285 u. ff.
2) Contr. from the Columbia-College-Observatory, New-York. Nr. 6.

Es wurden zur Ermittelung der parallaktischen Verschiebung sechs Sternpaare verglichen, von denen jedoch nur drei eine solche Lage besitzen, dass der Wert der Parallaxe eine erheblich grössere Sicherheit gewinnt. Aus diesen drei Sternpaaren folgt als wahrscheinlichste Parallaxe von η Cassiopejae $\pi = 0.443'' \pm 0.043''$. Werden die Messungen sämtlicher sechs Paare vereinigt, so ergiebt sich als Parallaxe $\pi = 0.465'' \pm 0.044''$. Hermann S. Davis nimmt den ersten Wert als definitiv an.

Früher hat Otto Struve als Parallaxe von η Cassiopejae $\pi = 0.154'' \pm 0.045''$ gefunden, Schweizer und Sokoloff fanden $\pi = 0.2750'' \pm 0.0551''$, doch zeigen diese sämtlichen Messungen nur geringe innere Übereinstimmung.

Doppelsternbahnen. Die Bahnen verschiedener Doppelsterne wurden 1894 teils zum ersten Male, teils genauer berechnet. Die folgende Tabelle giebt eine Übersicht derselben und der Orte, wo die Berechnung publiziert ist.

Stern	Umlaufsdauer in Jahre	Berechner	Quellen
$o\Sigma$ 82	90.54	J. E. Gore	M. N. 1894, Juni.
$o\Sigma$ 224	96.13	J. E. Gore	Astron. and Astro-Physics 1894, Aug.
β 101	23.33	S. Glasenapp	M. N. 1894, März.
β 416	27 66	S. Glasenapp	Roy. Soc. N. S. Wales 1894, 6. Juni.
70 Ophiuchi	88.40	W. Schur	A. N. 3220—21.
η Cassiopejæ	208.1	T. Lewis	M. N. 1894, November.
Sirius	50.99	C. P. Howard	Astron. and Astro-Physics 1894, Juni.
Sirius	51.97	S. W. Burnham	Vol. II. Lick Publications
K Pegasi	11 37	S. W. Burnham	» » » »
τ Cygni	36.5	S. W. Burnham	» » » »

Der Sternhaufen Präsepe ist von Prof. Schur mit dem grossen Göttinger Heliometer neu vermessen worden[1]). Die Messungen wurden in den Jahren 1889—1893 ausgeführt und lieferten eine vollständige, nur aus Distanzmessungen bestehende Triangulation, wobei die einzelnen Sterne mindestens gegen drei andere festgelegt sind. Ferner wurden zur Orientierung der ganzen Gruppe gegen den Äquator zwei längere Linien zwischen je zwei Sternen durch mehrfache Positionswinkelmessungen einerseits und durch Beobachtungen an Meridiankreisen anderseits festgelegt. Auf diese Weise wurde ein Katalog der Örter von 45 Präsepe-Sternen für das Äquinoktium 1890 und die Epoche 1890.54 erhalten. In den Jahren 1857 und 1858 hatte Winnecke am Heliometer der Sternwarte zu Bonn ebenfalls die Hauptsterne der Präsepe vermessen, doch wurden seine darauf basierten Untersuchungen nicht veröffentlicht, da er sie nicht beendigen konnte. Dies hat nunmehr Prof. Schur nachgeholt, so dass jetzt auch die Ergebnisse der Winnecke'schen Messungen in einem Kataloge von 45 Sternen für das

[1]) Astr. Mitt. von der Sternwarte zu Göttingen 4. Göttingen 1895.

Nr. Schur	Grösse	Rektaszension		Deklination			Präzession
		8h		+			s
1	8.7	30m	21.849s	20°	26′	50.10″	+ 3.4672
2	8.0	30	25.764	20	9	59.89	3.4612
3	8.2	30	30.024	19	57	8 46	3.4567
4	7.2	30	36.783	19	42	5.21	3.4513
5	8.0	31	10.328	20	38	33.36	+ 3.4703
6	8 3	31	26.141	20	25	33·35	+ 3.4653
7	8.7	31	36 508	19	56	14 89	3.4549
8	8.4	31	51 877	20	26	12.92	3 4650
9	9.1	31	53.252	20	33	15.61	3.4674
10	7.8	31	55.269	20	6	50.96	+ 3.4582
11	8 5	31	58.479	20	1	47.41	+ 3.4564
12	8.7	32	7.421	20	29	27.15	3.4658
13	9.0	32	21.191	20	36	25.90	3.4679
14	8.0	32	30.967	20	31	29.86	3.4660
15	7.4	32	31 651	20	13	1.84	+ 3.4595
16	7.9	32	34.981	19	42	50.61	+ 3 4490
17	6.9	32	40.344	19	58	47.58	3.4544
18	7.6	32	46.129	19	59	32.21	3 4545
19	8.9	32	46.414	20	35	51.40	3.4671
20	8.0	32	47.418	20	58	51.10	+ 3.4543
21	9.3	32	49.381	20	34	30.47	+ 3.4666
22	6.7	32	54 862	20	26	50 77	3.4638
23	7.0	33	0 017	20	24	39.80	3.4629
24	8.1	33	7.826	19	58	20.08	3.4536
25	8.3	33	10.080	20	7	37.12	+ 3.4568
26	7.3	33	10.359	19	47	21.37	+ 3.4498
27	7.2	33	11.475	20	6	37.27	3.4564
28	7.9	33	12 415	20	16	31.38	3.4598
29	8.3	33	14.780	20	37	20.94	3.4670
30	9.1	33	15 399	20	7	36.43	+ 3.4567
31	6.9	33	16.728	19	59	7.37	+ 3.4537
32	8.5	33	23.612	19	38	6 63	3.4463
33	8.0	33	29.803	19	40	9.64	3.4469
34	7.3	33	32.521	20	9	37.73	3.4570
35	8.4	33	40.375	20	42	28.74	+ 3.4682
36	8.6	33	45.718	20	22	35.62	+ 3.4612
37	7.6	33	45.997	20	1	19.14	3 4538
38	9.0	33	59.781	20	16	18.68	3.4587
39	8.7	34	2.644	20	21	51.68	3.4606
40	8 2	34	8.977	19	42	12.60	+ 3.4468
41	8.6	34	24.475	20	6	20.24	+ 3.4547
42	9.2	34	31 897	20	6	14.42	3.4545
43	7.4	34	39.165	20	19	4.80	3.4588
44	8.6	34	41.517	20	36	12.00	3.4646
45	8.4	34	56.818	19	51	20.35	+ 3.4488

und säkulare Variation			Eigenbewegung	
s	"	"	s	"
— 0.0131	— 12.234	— 0.395	— 0.0049	+ 0.017
0.0129	12.238	0 395	0.0054	+ 0.011
0 0128	12.243	0.394	0.0046	+ 0.006
0.0127	12.251	0.393	0.0054	+ 0.007
— 0.0132	— 12.289	— 0.395	— 0.0005	+ 0.038
— 0 0131	— 12.308	— 0.393	— 0.0054	+ 0.012
0.0129	12.320	0.392	0.0050	+ 0.012
0 0131	12.337	0.393	0.0051	+ 0.005
0.0132	12.339	0.393	0.0046	+ 0.005
— 0.0130	— 12.341	— 0 392	— 0.0048	+ 0.007
— 0.0130	— 12 345	— 0.392	— 0.0048	+ 0.008
0.0132	12.355	0.393	0.0008	+ 0.015
0.0133	12.371	0.393	0.0026	+ 0.036
0.0132	12.382	0.392	0.0051	+ 0.019
— 0.0131	— 12.383	— 0.392	— 0.0049	+ 0.017
— 0 0128	— 12 387	— 0.390	— 0.0053	+ 0.007
0 0129	12.393	0.391	0.0051	— 0.001
0.0130	12.400	0.391	0.0046	— 0.007
0.0133	12.400	0 392	0.0045	+ 0.008
— 0.0130	— 12 401	— 0.391	— 0.0053	— 0.006
— 0.0133	— 12.403	— 0.392	— 0.0041	+ 0 009
0.0132	12.410	0.392	0 0050	+ 0.010
0.0132	12.416	0.391	0.0047	+ 0 009
0 0130	12.424	0 390	0.0041	+ 0.004
— 0.0131	— 12.427	— 0.390	— 0 0047	+ 0.004
— 0.0129	— 12.427	— 0.389	— 0.0052	+ 0.001
0.0130	12.420	0.390	0.0046	— 0.001
0 0131	12.430	0.391	0.0047	+ 0 001
0.0133	12.432	0.391	0.0044	+ 0.010
— 0.0131	— 12.433	— 0.390	—	—
— 0.0130	— 12.435	— 0.390	— 0 0043	+ 0.005
0.0128	12.443	0.389	0.0049	+ 0.005
0.0128	15.450	0.389	0.0041	— 0 002
0.0131	12.453	0.390	0.0037	+ 0.012
— 0.0134	— 12.462	— 0.391	— 0.0045	+ 0 004
— 0.0132	— 12.468	— 0.390	— 0.0037	+ 0 003
0.0130	12.468	0.389	0.0040	+ 0 005
0.0132	12 484	0.389	0.0043	+ 0.008
0.0132	12.487	0.390	0.0044	+ 0.005
— 0.0129	— 12.494	— 0.388	— 0 0040	+ 0.001
— 0.0131	— 12.512	— 0.388	— 0.0028	+ 0.012
0.0131	12.521	0.388	0.0044	+ 0.036
0.0132	12.529	0.388	0.0043	+ 0.005
0.0134	12.531	0.389	0.0044	+ 0.015
— 0.0130	— 12.549	— 0.387	— 0.0034	+ 0.028

Äquinoktium 1860.0 und die Epoche 1858.0 vorliegen. Es bot sich daher die Gelegenheit einer Vergleichung der Resultate der Vermessung am Bonner und Göttinger Heliometer, um möglicherweise abweichende Eigenbewegungen einiger Sterne der Gruppe zu erkennen, da die Epochen der beiden Beobachtungsreihen doch immerhin 30 Jahre auseinander liegen. Zunächst war hierzu erforderlich, ein Urteil über die Genauigkeit zu gewinnen, womit die Sternörter für die beiden Epochen festgelegt sind. Diese Untersuchung hat Prof. Schur ausgeführt, wobei sich ergab, dass die Göttinger Heliometermessungen den Bonner Messungen an Genauigkeit erheblich überlegen sind. Im allgemeinen ergab sich, dass die Gesamtunsicherheit, der die Vergleichung eines Ortes aus den beiden Vermessungen unterworfen sein kann, mindestens $\pm 0.27''$ beträgt, so dass also nach Anbringung aller Reduktionen eine Abweichung von $^1/_4{}''$ in beiden Vermessungen noch keinen Schluss auf das Vorhandensein einer Eigenbewegung gestattet. Die genauere Untersuchung ergab, dass bei sechs Sternen der Gruppe abweichende Eigenbewegungen vorhanden sind, und zwar fällt bei fünf derselben die Richtung der Bewegung in denselben Quadranten des Positionswinkels. Bei den übrigen Sternen ist die Abweichung von der allgemeinen Eigenbewegung der Gruppe so gering, dass sie durch zufällige Beobachtungsfehler hinreichend erklärt werden.

Als Endergebnis der ganzen Untersuchung erhält man den S. 72 u. 73 aufgeführten Katalog der Präsepe-Sterne, bezogen auf das Äquinoktium und die Epoche 1875.0 und begründet auf den Fundamentalkatalog der astronomischen Gesellschaft nebst Präzessionen nach O. Struve, und Eigenbewegungen, bezogen auf das System Auwers-Bradley.

Die scheinbare Verteilung der Sterne in der Milchstrasse. C. Easton, dem wir bekanntlich eine vortreffliche Karte der Milchstrasse verdanken, hat es unternommen, die Verteilung der Sterne in einem Teile der Milchstrasse zu untersuchen, in der Absicht, eine etwaige Beziehung der hellen Sterne zu den schwachen Sternen der Milchstrasse zu ermitteln[1]). Da es nicht angeht, einen grösseren Teil der Milchstrasse in dieser Beziehung zu untersuchen, so wählte er einige Regionen derselben im Sternbilde des Adler. Diese Regionen sind folgende:

Rektaszension		Deklination		
von	bis	von	bis	
$18^h\,20^m$	$19^h\,0^m$	0°	$+3^\circ$	A
18 20	19 0	+3	+6	B
19 0	19 40	0	+3	C
19 0	19 40	+3	+6	D

In den Regionen A und B ist die Milchstrasse weniger hell als in C und D, und überhaupt ist sie am schwächsten in der Region A, am hellsten in der Region D.

---

1) Astron. Nachr. Nr. 3270.

Um nun eine etwaige Beziehung der Sterne zu dem Aussehen der Milchstrasse in diesen Regionen zu ermitteln, wurden folgende Arbeiten über die Sternverteilung in Betracht genommen. Zunächst die Durchmusterung des Himmels von Argelander, welche die Sterne 1. bis 9.5 Grösse enthält. Dieselben sind nach halben Grössenklassen und Quadratgraden des Himmels aufgezählt. Dann die Sternzählungen bis etwa 11. Grösse von Celoria, welche nach Trapezen von 10^m Rektaszension und 17′ Deklination gegeben sind. Dieselben wurden zu zwei und zwei in Deklinationen kombiniert. Endlich lieferten einige Sternaichungen ergänzendes Material. Easton giebt über das Verhalten der Häufigkeit der verschiedenen Sternklassen in den oben bezeichneten Bezirken A bis D und das Aussehen der Milchstrasse folgende Tabelle:

Sterngrösse	Bezirk C+D	Bezirk A+B	Sterne mehr i. Bezirke C+D	Bezirk D	Bezirk A	Sterne mehr i. Bezirke D
1 bis 6.5 Bonner . . .	9	8	+ 1	4	4	0
6.6 » 7.0 Durchmust.	17	11	+ 6	10	3	+ 7
7.1 » 7.5 » . . .	16	18	— 2	11	6	+ 5
7.6 » 8.0 » . . .	27	36	— 9	14	23	— 9
8.1 » 8.5 » . . .	64	78	— 14	37	38	— 1
8.6 » 9.0 » . . .	185	171	+ 14	110	73	+ 37
9.1 » 9.5 » . . .	1035	955	+ 80	566	432	+ 134
1 » 11 (Celoria). . .	4476	2924	+1552	2658	1189	+1469
Milchstrasse	hell	schwach	+	sehr hell	sehr schwach	+

Man ersieht aus diesem Zusammenhange, dass der Einfluss der Milchstrasse sich erst in den Sternen von der 9. Grösse ab bemerkbar zu machen beginnt, und zwar immer deutlicher, je lichtschwächer die Sterne sind. Dieses Ergebnis, auf welches Easton Nachdruck legt, ist übrigens schon vor vielen Jahren von R. Wolf in Zürich gefunden worden, als dieser die Verteilung der 8377 Sterne 1. bis 7.5 Grösse des Baily'schen Sternkataloges der British Association, welcher beide Himmelshälften umfasst, untersuchte. Wolf fand damals: 1. dass der südliche Himmel weit sternreicher ist als der nördliche; 2. dass die beiden nördlich und südlich dem Äquator zunächst liegenden Zonen trotz ihrer grösseren Fläche absolut sternärmer sind als die ihnen folgenden; 3. dass die Milchstrasse sich in dieser Sternansammlung noch nicht deutlich abzeichnet, wenngleich sie, allerdings im ganzen genommen, die reicheren Partien des Sternhimmels durchzieht.

Easton hat auch für eine Zone der Milchstrasse im Schwane, welche einen der hellsten Flecke und ebenso eine der dunkelsten Stellen derselben enthält, die Häufigkeit der Sterne der Bonner Durchmusterung untersucht und wiederum gefunden, dass die Sterne 9. bis 9.5 Grösse bereits in bezug auf ihre Zahl eine Beziehung zu

der Helligkeit der Milchstrasse andeuten. Diese Beziehung tritt in den Sternmessungen und den Zählungen der Sterne auf einigen photographischen Aufnahmen von Prof. Max Wolf immer deutlicher hervor, je lichtschwächer die Sterne sind. Auf dieses Resultat legt Easton bedeutendes Gewicht. Indessen bedarf man, um zu dieser Einsicht zu gelangen, keiner umständlichen Vergleichungen und Rechnungen. Denn da die Milchstrasse erwiesenermassen fast nur aus sehr schwachen Sternen besteht, von denen die meisten sogar jenseits der Leistungsfähigkeit grosser Teleskope liegen, so ist von selbst klar, dass das Übergewicht der Sterne in dem Streifen, welcher die Milchstrasse durchzieht, um so deutlicher hervorkommen muss, je lichtschwächere Sterne man in Betracht zieht. Das ist die unmittelbare Thatsache, es fragt sich nur, wie sie zu erklären ist. Struve, der zuerst ausgedehnte Untersuchungen nach dieser Richtung angestellt hatte, kam zu dem Resultate, dass die Erscheinung der Sternhäufung oder Kondensation und der Anblick der Milchstrasse identische Erscheinungen sind, und dass die wahren mittleren Distanzen der Sterne voneinander in dem Masse kleiner sind, als die Sterne der Ebene der Milchstrasse näher stehen. Man kann diesem Ergebnisse insofern nur beistimmen, als es sich um die mittleren scheinbaren Distanzen der Sterne voneinander handelt, da ja die wahren Entfernungen uns nicht bekannt sind. Easton kommt zu dem weiteren Ergebnisse, dass die Hypothese einer relativ gleichförmigen Verteilung der Sterne und Sternhaufen in der Ebene der Milchstrasse mit den von ihm angestellten und oben mitgeteilten Vergleichungen nicht zu vereinigen ist. Denn in diesem Falle müsste man annehmen, dass die Minima und Maxima der Sternhäufigkeit sich nach allen Richtungen zufällig verteilt darstellten, keineswegs aber in bestimmten Richtungen häufiger auftreten. Auch müsste man schliessen, dass die grosse Mehrzahl der Milchstrassensterne nicht viel weiter von uns entfernt sei als die Sterne 9. und 10. Grösse. Das Zusammenfallen der grössten Häufigkeit der Sterne 9. bis 15. Grösse mit den hellsten Regionen der Milchstrasse und deren relative Seltenheit an den Stellen, wo die Milchstrasse schwach ist, beweise eine wirkliche Beziehung dieser Sterne zur Milchstrasse selbst. »Die Kompliziertheit des Milchstrassenbildes und der Umstand, dass die erwähnte Beziehung sowohl in sternarmen als hellen Regionen gefunden wird, verbietet die Annahme, dass wir in allen diesen Fällen nur auf unregelmässige Sternhaufen getroffen seien, die uns zufällig näher stehen, aber nicht einer sehr ausgedehnten Zone angehören.« Easton hält die Hypothese eines Sternringes, der von dem zentralen Teile des grossen Milchstrassensystems relativ isoliert ist, nicht für unvereinbar mit der Thatsache, dass an mehreren Stellen Sterne heller als 9. Grösse an der Milchstrasse zu partizipieren scheinen. Ebensowenig sei erwiesen, dass alle Teile dieses hypothetischen Ringes, dessen sehr grosse Unregelmässigkeit klar eine Betrachtung der Zeichnungen oder Photographien der

Milchstrasse ergebe, von uns sich in überall gleicher Entfernung befänden. Es erscheine vielmehr nicht unmöglich, dass spätere Untersuchungen das Vorhandensein einer oder mehrerer Spiralen erweisen würden.

Neue Berechnung der Eigenbewegung des Sonnensystems. Prof. H. G. van de Sande-Bakhuyzen hat eine neue Berechnung des Punktes am Himmel, gegen welchen die Bewegung der Sonne gerichtet ist, ausgeführt[1]). Die Sterne, deren Eigenbewegung er hierbei benutzte, sind diejenigen des Auwers-Bradley'schen Katalogs, und als Berechnungsmethode diente die früher von Airy angegebene. Es wurden hierbei zwei Gruppen von Sternen gesondert untersucht, die bezüglich ihrer Eigenbewegungen wahrscheinlich die grössten Unterschiede zeigen werden, nämlich einerseits Sterne ausserhalb der Milchstrasse und anderseits solche, die in der Milchstrasse stehen.

Zur ersten Gruppe wurden diejenigen Sterne gezählt, welche von dem Pole der Milchstrasse (in 192° Rektaszension und 28° n. Deklination) weniger als 50° entfernt stehen. Die Anzahl dieser Sterne in dem oben bezeichneten Kataloge ist 579. Die in Rede stehende Region des Himmelsgewölbes wurde in 37 Trapeze von je 15° in Deklination und 15° in der Richtung der Parallelkreise geteilt und für jedes Trapez der mittlere Wert der Eigenbewegungen in Rektaszension und Deklination der darin stehenden Sterne berechnet. Auf diese Weise wurden 37 Normalbestimmungen erhalten, welche die Grundlage der eigentlichen Rechnung bilden. Aus ihnen ergab sich als wahrscheinlichster Wert für die Lage des Punktes am Himmel, gegen den die Sonnenbewegung gerichtet ist:

Rektasz.	264° 21′	mittl. Fehler:	7° 46′		1)
n. Dekl.	30 3	»	»	4 47	

Für die scheinbare (Winkel-) Bewegung q der Sonne in 100 Jahren, gesehen aus der mittleren Entfernung eines Sternes 6. Grösse, fand sich:

$$q = 5.799'' \text{ wahrsch. Fehler } 0.470''.$$

Als Sterne, die in der Milchstrasse stehen, wurden diejenigen des obigen Kataloges ausgesucht, welche in den Zeichnungen Boeddicker's von der Milchstrasse umschlossen werden. Sie wurden dann in zwei Unterabteilungen getrennt, nämlich in solche, welche eine grössere Eigenbewegung als 0.100″, und solche, deren Eigenbewegung weniger als 0.05″ beträgt. Die erste Gruppe (von 96 Sternen) ergab für den Punkt der Sonnenbewegung:

Rektaszension	276° 48′	mittl. Fehler:	9° 35′		
n. Deklination	31° 23′	»	»	9° 14′	2)

[1]) Bulletin Astron. **12.** p. 97. 1895.

Scheinbare Eigenbewegung q der Sonne in 100 Jahren, gesehen aus der mittleren Entfernung der Sterne dieser Gruppe: 35.606″ mittl. Fehler 5.15″.

Die andere Abteilung, aus (430) Sternen bestehend, deren Eigenbewegung geringer als 0.05″ ist, liefert folgende Werte für den Punkt der Sonnenbewegung:

Rektaszension	276° 51′	mittl. Fehler:	3° 31′	
n. Deklination	8° 46′	» »	3° 55′	3)
	q = 1.9665″	» »	0.1667″	

L. Struve hat früher den Ort am Himmel, gegen welchen sich die Sonne hin bewegt, aus den Eigenbewegungen sämtlicher Sterne des Bradley'schen Kataloges abgeleitet und folgendes Resultat erhalten:

Rektaszension	273° 21′	mittl. Fehler:	4° 16′
n. Deklination	27° 19′	» »	1° 43′
	q = 4.364″	» »	0.254″

Mit diesem Ergebnisse stimmen am besten die oben unter 1) und 3) angegebenen Resultate. Indessen zeigt Prof. van de Sande-Bakhuyzen, dass das stärker abweichende Ergebnis aus den Sternen mit sehr schwacher Eigenbewegung keineswegs darauf zurückzuführen ist, dass diese etwa einem besonderen Systeme angehörten, sondern dass vielmehr alle in Betracht gezogenen Sterne des Bradley'schen Kataloges, was ihre Eigenbewegungen anbelangt, wahrscheinlich einem und demselben Systeme angehören.

Die periodischen Veränderungen des Spektrums von β Lyrae. Als Pickering im Jahre 1891 das Spektrum des bekannten veränderlichen β Lyrae nach photographischen Aufnahmen studierte und Änderungen in der Anordnung der dunklen und hellen Linien des Spektrums gefunden, die mit der Periode des Lichtwechsels in Beziehung stehen, forderte er Lockyer auf, in Kensington dieses höchst interessante Objekt gleichfalls spektrophotographisch zu untersuchen. Diese Arbeit wurde bereits im Juli 1891 mit einem schwächeren Apparate begonnen und dann mit einem stärkeren fortgesetzt. Unterdes sind Berichte über das photographische Spektrum von β Lyrae veröffentlicht von Belopolsky, Sidgreaves und Vogel, und Lockyer sieht sich veranlasst, einen kurzen vorläufigen Abriss der bisher ermittelten Resultate zu geben, obwohl die Reduktionen der 64 Photogramme, die er erhalten, noch nicht beendet sind, und zu einem vollständigen Studium des Problems mehr Photographien erforderlich sind. Er beschränkt sich in seiner Mitteilung[1]) auf die Darstellung der Änderungen des Spektrums nach den aufgenommenen Photographien in Kensington und behält

---

[1]) Proceedings of the Royal Society **56**. Nr. 337. p. 278. 1894.

sich vor, in einer späteren Abhandlung ausführlicher auf den Gegenstand und die Ansichten anderer Forscher einzugehen.

Die Resultate der vorläufigen Untersuchung seiner Photographien fasst Lockyer in folgende Sätze zusammen.

1. Das Spektrum ist konstant in demselben Abstande vom Hauptminimum. Man muss hierbei indessen von leichten Verschiedenheiten absehen, welche durch Unterschiede in den atmosphärischen Verhältnissen und somit in der Beschaffenheit der Negative veranlasst werden. Während der Periode eines Lichtwechsels des Sternes, welche etwa 12 Tage und 22 Stunden dauert, findet man stets in gleichem Abstande vom Minimum das gleiche Spektrum.

2. Die Änderungen, die sich auf den Photographien zeigen, sind dreierlei Art: a. Periodische Variationen in den relativen Intensitäten der Linien; b. Periodische Verdoppelungen einiger dunklen Linien; c. Periodische Änderungen in den Lagen der hellen Linien in bezug auf die dunklen.

3. Wir haben es hier mit zwei Körpern zu thun, welche Spektra mit dunklen Linien geben. Auf einer Tafel, auf welcher 13 Photographien, jede ungefähr für einen Tag der Lichtwechselperiode, zusammengestellt sind, sieht man, dass kurz vor und kurz nach dem zweiten Maximum einige dunkle Linien verdoppelt sind. Dies beweist das Vorhandensein von zwei Lichtquellen, welche Spektra mit dunklen Linien geben und sich relativ zu einander in der Richtung der Gesichtslinie bewegen. Wenn die relative Bewegung in der Gesichtslinie Null ist, so ist keine der dunklen Linien doppelt. Dieses tritt um die Zeit der beiden Minima ein.

4. Die grösste relative Geschwindigkeit der beiden die dunklen Linien gebenden Komponenten in der Gesichtslinie beträgt etwa 156 englische Meilen (etwa 250 *km*) in der Sekunde. Der grösste Abstand der dunklen Linien zeigt sich um die Zeit des zweiten Maximums, und die relativen Geschwindigkeiten, die aus der Verschiebung von drei Linienpaaren auf der Photographie vom 24. August 1893 bestimmt wurden, betrugen für die Linie $H\gamma$ 155 Meilen, für $H\delta$ 154 Meilen und für die Linie $\lambda = 4025$ etwa 158 Meilen.

5. Eine der Sternkomponenten mit dunklen Linien zeigt grosse Ähnlichkeit mit dem Sterne Rigel, die andere mit Bellatrix. Die Spektra der beiden Komponenten wurden leicht getrennt, da nur die gemeinsamen Linien doppelt erscheinen, und hierzu gehören die Wasserstofflinien; hingegen sind die Linien, welche nur einer von den Komponenten angehören, stets einfach und behalten die ganze Periode hindurch dieselbe Lage gegen die Wasserstofflinien. Auf einer Tafel ist eine Photographie von β Lyrae zur Zeit des zweiten Maximums dargestellt, darüber die Photographien der Spektra von Rigel und Bellatrix. Der zusammengesetzte Charakter des dunklen

Linienspektrums von β Lyrae zu dieser Zeit zeigt sich nun darin, dass eine Gruppe von Linien sehr nahe denen entspricht, welche im Spektrum von Rigel erscheinen, und wenn man diese aus dem ganzen Spektrum herausnimmt, so bleibt ein Spektrum, das dem von Bellatrix sehr ähnlich ist. Auf der Photographie ist dieses Spektrum nach der brechbareren Seite verschoben. Es soll zwar nicht behauptet werden, dass die Spektra der beiden Komponenten, welche dunkle Linien geben, identisch sind mit denen von Rigel und Bellatrix; vielmehr sind diese nur gut bekannte Sterne, denen jene am meisten ähnlich sind. Diese Ähnlichkeit deutet darauf hin, dass wir es nicht mit Sternen von unbekanntem Typus zu thun haben. Die beiden Komponenten können daher bezw. als R und B bezeichnet werden.

6. Wenn die beiden Sterne in der Richtung der Gesichtslinie stehen, so treten partielle Verfinsterungen ein; dies ist der Fall in der Nähe der Minima der Lichtkurve. Die Unterschiede in den Intensitäten der dunklen Linien von R und B in der Nähe der beiden Minima zeigen, dass in der Nähe des Hauptminimums R teilweise verfinstert ist durch B, und im sekundären Minimum B teilweise verfinstert durch R. Wenn man von den hellen Linien absieht, so gleicht im Hauptminimum das Spektrum von β Lyrae dem von Bellatrix, also liegt in diesem Falle die Komponente B zwischen uns und der Komponente R. Da aber die Verfinsterung keine totale ist, so sieht man auch Linien von R, aber sie sind bedeutend an Intensität schwächer. Im sekundären Minimum ist das Verhältnis umgekehrt. Wären die Verfinsterungen total, so würden die Änderungen des Spektrums noch auffallender sein.

7. Ausser den dunklen Linien sind mehrere helle vorhanden, welche ihre Lage gegen die dunklen ändern. Die Photographien zeigen helle Linien bei den Wellenlängen 4862 ($H\beta$), 4715, 4471, 4388, 4340 ($H\gamma$), 4101 ($H\delta$), 4025 und 3887 ($H\zeta$), andere schwächere erscheinen nur auf den besten Photographien. Die Linie bei 4471 ist die wohl bekannte Linie der Sonnenchromosphäre, und die Linien bei 4025 und 4715 gehören zu den hellsten Linien, die während der totalen Sonnenfinsternis am 16. April 1893 mit der prismatischen Kammer photographiert worden. Die von Prof. Pickering beschriebene Verschiebung der hellen Linien wird im wesentlichen durch die Kensington-Photographien bestätigt. In den sieben Photographien der ersten Tage zwischen dem Haupt- und dem sekundären Minimum liegen die hellen Linien an der weniger brechbaren Seite der dunklen; beim sekundären Minimum werden die breiten, hellen Linien von den dunklen halbiert, und zwischen dem sekundären und dem Hauptminimum sind die hellen Linien brechbarer als die dunklen. Bei der Untersuchung der Bewegungen der hellen Linien muss man jedoch die jetzt erkannte Thatsache berücksichtigen, dass es zwei Gruppen von dunklen Linien giebt. Betrachtet man nun die Verschiebungen der hellen Linien in bezug zu

den dunklen der Komponente R, so findet man, dass sie stets in derselben Richtung erfolgen, wie die der Komponente B in bezug auf R. Also in der ersten Hälfte der Periode sind die hellen Linien ebenso wie die dunklen der Komponente B weniger brechbar als die Komponente R, während sie in der zweiten Hälfte brechbarer sind. In Beziehung zu den Linien der Komponente B haben die hellen Linien keine konstante Lage.

8. Die hellen Linien sind am hellsten kurz nach dem sekundären Minimum. Würde die Helligkeit der Linien in Wirklichkeit konstant bleiben, so würden sie in den beiden Minima relativ am hellsten erscheinen, weil dann das kontinuierliche Spektrum schwächer ist, und aus diesem Grunde müssten sie im Hauptminimum heller erscheinen als im sekundären. Die unabhängigen Helligkeitsschätzungen von vier Personen stimmen jedoch darin überein, dass auch, wenn man den Änderungen des kontinuierlichen Spektrums Rechnung trägt, ein Maximum der Helligkeit der hellen Linien etwa einen halben Tag nach dem sekundären Minimum auftritt. Die scheinbare Zunahme der Helligkeit in der Nähe des Hauptminimums hingegen scheint nur herzurühren von der Abnahme der Helligkeit des kontinuierlichen Spektrums.

Veränderungen im Spektrum des neuen Sternes im Fuhrmann. W. W. Campbell macht Mitteilungen über Veränderungen, welche jüngst das Spektrum der Nova im Fuhrmann erlitten hat[1]). Die Intensitäten der beiden letzten hervorragend hellen Linien dieses Spektrums haben hiernach sehr erheblich abgenommen. Es sind dies die beiden Linien, deren Wellenlänge $\lambda = 4360$ und $\lambda = 5750$, besonders die erstere Linie war am 28. November 1894 auf etwa $^1/_8$ der Helligkeit von August und September 1892 reduziert. Sie ist nunmehr so fein, dass sie nur mit Mühe gemessen werden kann, und bei der anderen Linie ist dies vielleicht nicht mehr möglich. Auch in dem im September 1892 photographierten Spektrum war die Linie λ 4360 die hellste von allen und sicherlich achtmal so hell als die Linie $H\gamma$; auf einer Photographie vom 28. Nov. 1894 ist sie dagegen schwächer als $H\gamma$. Von besonderem Interesse ist, dass die Linien λ 4360 und λ 5720 die einzigen sind, welche eine Veränderung erlitten haben. Die ersten Messungen des Spektrums im August 1892 zeigten unzweideutig, dass dasselbe ein Nebelspektrum war. Zuerst schienen die beiden genannten Linien in den Nebelspektren zu fehlen, dagegen lieferten photographische Aufnahmen den Beweis, dass die Linie λ 4360 im Spektrum von fünf wohl bekannten Nebeln allerdings vorhanden ist, und sorgfältige Okularbeobachtungen zeigten dann auch die Linie λ 5750 in drei Nebelspektren. Diese Linien waren augenfällig im Spektrum der Nova, aber sehr schwach in den Spektren der Nebelflecke; heute sind sie

[1]) Astrophys. Journal 1. p. 49.

auch im Spektrum der Nova relativ schwach geworden. Die Spektra längst bekannter Nebelflecke zeigen ähnliche Anomalien. Die Linien λ 4472 und λ 4687 erscheinen nicht nur in verschiedenen Nebeln an Intensität verschieden, sondern bei einigen Nebeln fehlen sie völlig. Das Spektrum der Nova im Fuhrmann ist nicht nur ein Nebelspektrum, sondern es nähert sich sogar dem Durchschnittstypus der Nebelflecke überhaupt. Campbell hat die beiden Hauptnebellinien im Spektrum der Nova in bezug auf ihre Wellenlängen im September und November 1894 genau bestimmt. Es fand sich:

7. Sept. 1894 $\lambda = 4958.7$, $\lambda = 5006.4$
28. Nov. » $\lambda = 4958.8$, $\lambda = 5006.8$.

Durch Vergleichung mit den Normalpositionen dieser beiden Linien ergab sich daraus als Eigenbewegung der Nova pro Sekunde:

7. Sept.: — 27 *km*, 28. Nov.: — 13.5 *km*.

Die Beobachtungen am Harvard-College-Observatorium haben gezeigt, dass sowohl die Nova Aurigae als die Nova Normae zur Zeit der Entdeckung wesentlich identische Spektra von hellen und dunklen Linien besassen. Beide nahmen allmählich an Helligkeit ab, und ihr Aussehen näherte sich immer mehr demjenigen des typischen Nebelfleckspektrums. Der neue Stern im Schwane vom Jahre 1876 zeigte ein ähnliches Verhalten: von einem hellen Sterne mit einem Spektrum von hellen und dunklen Linien, nahm er allmählich ab, bis er ein schwaches Objekt wurde, in welchem nur noch eine helle Linie vorhanden war, letztere unzweifelhaft die Nebelflecklinien λ 5010 oder die breite Linie λ 5010 und λ 4960 vereinigt. Sonach haben also von den fünf neuen Sternen, welche seit Erfindung der Spektralanalyse aufgetaucht sind, drei dieselbe spektroskopische Geschichte gezeigt. Dies ist eine bemerkenswerte Thatsache, deren volle Bedeutung wir zur Zeit noch nicht aussprechen können. Ein Resultat dagegen, so schliesst Campbell, ist klar, nämlich, dass die speziellen Theorien, welche mehrere Spektroskopiker zur Erklärung der Vorgänge bei der Nova im Fuhrmann aufgestellt haben, unfraglich einer allgemeinern sämtliche neuen Sterne umfassenden Theorie weichen müssen.

Untersuchungen über die Spektra der helleren Sterne nach den photographischen Aufnahmen auf dem astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam. Die in den Jahren 1888 bis 1891 mit dem Spektrographen am elfzölligen Refraktor des Potsdamer Observatoriums zunächst zur Ermittelung der Geschwindigkeitskomponenten in der Richtung der Gesichtslinie gemachten Aufnahmen hellerer Fixsterne sind von Prof. Scheiner auch behufs Verwertung zur Kenntnis der Sternspektra überhaupt untersucht worden. Von diesen Untersuchungen hat derselbe bereits manches veröffentlicht, doch haben seine Ergebnisse, als sich im Laufe der Untersuchungen bessere und sichere Methoden zur Ermittelung der

Wellenlängen ergaben, teilweise Modifikationen erfahren, weshalb er nunmehr die endgültigen Ergebnisse derselben in einer besonderen Arbeit unter obigem Titel veröffentlichte.

Diese Spektralaufnahmen sind zunächst nur zu dem Zwecke, die erwähnten Geschwindigkeitskomponenten der untersuchten Sterne zu ermitteln, angestellt worden. Dieser Umstand hat zur Folge gehabt, dass sämtliche Aufnahmen nur bei der Justierung des Apparates auf die Hγ-Linie hergestellt worden sind, während es im vorliegenden Falle bedeutend vorteilhafter gewesen wäre, wenn von jedem Sterne mindestens zwei Spektra mit verschiedener Justierung aufgenommen worden wären, das eine Mal mit besonderer Berücksichtigung der mittleren Teile, das andere Mal bei möglichster Schärfe der äusseren Partien. Doch besitzen die Aufnahmen trotz dieses ungünstigen Umstandes einen bis dahin von anderer Seite auch nicht annähernd erreichten Linienreichtum.

Der Spektrograph gestattet die Abbildung der Spektra, wenn die Hγ-Linie in der Mitte gelegen ist, von F bis dicht vor H, bei einer linearen Ausdehnung von 7 *cm*. Indessen erreichen aus verschiedenen Gründen, die Prof. Scheiner einzeln aufführt, nur die wenigsten Aufnahmen diese Grenzen wirklich, und es ist daher der zur Untersuchung gelangte Teil der Spektra ziemlich klein, doch war in allen Fällen selbst diese geringe Ausdehnung zu einer sehr präzisen Charakterisierung der Spektra ausreichend. Um den Resultaten einen höheren Grad von Sicherheit zu geben, wurden, wenn irgend möglich, von jedem Sterne zwei Aufnahmen benutzt und hierzu natürlich die besten ausgewählt; die Ausmessung der beiden Aufnahmen fand gänzlich unabhängig voneinander statt. Bei den linienarmen Spektren der I. Spektralklasse, bei welchen die Ausmessung nicht einen so beträchtlichen Arbeitsaufwand erforderte, wie bei denen des II. Typus, wurden alle guten Aufnahmen gemessen; es war dies auch insofern geboten, als bei diesen Spektren die Genauigkeit der Messungen, resp. der Reduktion, beträchtlich hinter derjenigen der linienreichen Spektra geblieben ist.

Es wurden Aufnahmen der folgenden Sterne untersucht: α Andromedae, α Aurigae, β Orionis, α Tauri, α Arietis, β Orionis, α Cygni, α Lyrae, α Ursae min., β Persei, α Persei, β Tauri, γ Orionis, α Orionis, α Canis min., α Persei, γ Andromedae, γ Geminorum, α Geminorum, ζ Orionis, ε Orionis, β Geminorum, β Cassiopejae, α Leonis, γ Leonis, α Bootis, α Virginis, δ Leonis, α Ursae maj., α Coronae, β Ursae maj., ε Ursae maj., η Ursae maj., β Ursae min., α Lyrae, β Herculis, β Andromedae, α Cassiopejae, ζ Ursae maj., β Aurigae, δ Orionis.

Die Art und Weise der Ausmessung und Reduktion der Aufnahmen wird von Prof. Scheiner ausführlich dargestellt. Hier, wo es sich um die Ergebnisse handelt, möge nur einiges hervorgehoben werden. Prof. Scheiner bemerkt: »Die Spektra einiger Sterne, z. B. dasjenige von α Aurigae, zeigen mit dem Sonnenspektrum eine

derartige Übereinstimmung bis in die kleinsten erkennbaren Einzelheiten, dass eine sorgfältige Vergleichung beider unter dem Mikroskope zu dem Schlusse führt, dass dieselben absolut identisch sind, auch in bezug auf die relative Stärke der Linien, und weiter mit nahe an Gewissheit grenzender Wahrscheinlichkeit in bezug auf die engstehenden feinen, nicht mehr einzeln zu erkennenden Linien. Mit diesem Resultate ist eigentlich die vollständigste Charakterisierung des Spektrums von α Aurigae gegeben, besser als sie die wirkliche Ausmessung, die sich ja nur auf direkt Erkennbares bezieht, geben kann; ich habe auch längere Zeit geschwankt, ob es nicht vorzuziehen sei, die sehr zeitraubende Ausmessung bei den Sternen des zweiten Typus zu sparen und nur eine auf Vergleichung beruhende Charakteristik der Spektra zu geben, wobei Übergänge nach den anderen Typen hin ebenfalls durch allgemeine Bemerkungen hätten markiert werden können. Es zeigte sich jedoch bald, dass die beträchtlich gespanntere Aufmerksamkeit, mit welcher beim Messen jede Einzelheit des Spektrums betrachtet und mit dem Sonnenspektrum verglichen werden muss, zur Erkennung eine Menge kleinerer und isoliert vorkommender Abweichungen führt, die bei einfacher Vergleichung leicht übersehen werden. Der Hauptzweck der vorliegenden Untersuchung sollte aber der sein, eine möglichst getreue und exakte Darstellung der Sternspektra zur gegenwärtigen Zeit zu geben, damit bei einer nach einem längeren Zeitraume vorzunehmenden Wiederholung der Arbeit eine sichere Entscheidung über etwaige Änderungen in den Spektren getroffen werden kann. Nach dem jetzigen Stande unserer Kenntnis ist anzunehmen, dass solche Änderungen in Sternspektren, wenn sie überhaupt in absehbaren Zeiträumen auftreten, nur sehr gering sein können, dass also die Aufzeichnung auch der kleinsten Abweichungen vom Sonnenspektrum wesentlich ist. Sollte z. B. späterhin eine mit den gleichen Hilfsmitteln ausgeführte Untersuchung des Spektrums von α Aurigae an irgend einer Stelle eine kleine Abweichung vom Sonnenspektrum ergeben, sollte z. B. der Intensitätsunterschied zwei benachbarter Linien der umgekehrte sein, so würde eine allgemeine Bemerkung in meiner Untersuchung über die absolute Übereinstimmung der beiden Spektra nicht zur Konstatierung einer inzwischen eingetretenen Änderung genügen, es würde viel wahrscheinlicher sein, ein Übersehen dieses Unterschiedes meinerseits anzunehmen. Ganz anders liegt die Sache, wenn in der grundlegenden Untersuchung die beiden Linien mit ihrem, mit der Sonne übereinstimmenden Intensitätsunterschied katalogisiert sind; es ist dann, besonders wenn die Resultate beider Aufnahmen dieselben sind, kaum ein Zweifel an einer wirklichen Änderung des Spektrums möglich.«

Diese Erwägungen sind für Prof. Scheiner massgebend gewesen, nicht nur die sämtlichen Sternspektra des zweiten Typus vollständig auszumessen, sondern auch das mit dem Spektrographen aufgenommene Sonnenspektrum in gleicher Weise zu behandeln, um für die Zukunft

eine sichere Kontrolle für die Leistungsfähigkeit des Spektrographen zu geben, da ja etwaige kleine Änderungen im Sonnenspektrum anderweitig konstatiert werden würden.

Die zweite Aufgabe der vorliegenden Untersuchung, nämlich die Stoffe zu ermitteln, denen die in den Sternspektren gemessenen Linien entsprechen, hat Prof. Scheiner nur sehr unvollkommen lösen können, da erst von einer geringen Anzahl der chemischen Elemente die Spektra mit genügender Genauigkeit bekannt sind. Bei den früheren Wellenlängenbestimmungen der Metalllinien durch Ångström, Kirchhoff, Huggins, Thalén, Lockyer, Liveing und Dewar, Cornu u. a. hat man sich mit einer Genauigkeit begnügt, welche im allgemeinen das Zehntel der $\mu\mu$ noch unsicher lässt, und deshalb bleibt bei einer Vergleichung mit dem Sonnenspektrum eine sichere Identifizierung ausgeschlossen.

An genügend genauen Bestimmungen liegen z. Z. nur folgende vor:

Das Spektrum des Eisens von Thalén, ferner von folgenden Metallen durch die bereits publizierten Messungen von Kayser und Runge: Lithium, Natrium, Kalium, Rubidium, Caesium, Magnesium, Calcium, Zink, Strontium, Kadmium, Barium und Quecksilber. Auf eine Anfrage hin haben Kayser und Runge Prof. Scheiner die noch unpublizierten Wellenlängen der Linien folgender Metalle zur Verfügung gestellt: Blei, Zinn, Antimon, Mangan, Beryllium, Palladium, Platin, Nickel, Chrom, Wismut und Osmium.

Die Spektra von Mangan, Nickel, Chrom und Wismut sind aber noch unrein, d. h. es ist nicht mit Sicherheit anzunehmen, dass die schwächeren Linien dieser Spektra auch wirklich dem betreffenden Metalle angehören.

Eine Anfrage bei Rowland ist unbeantwortet geblieben, und Prof. Scheiner hat deshalb von den Messungen desselben nur die im 12. Bande der Zeitschrift »Astronomy and Astrophysics« erschienene Auswahl von Metalllinien benutzen können.

»Die Frage,« sagt er, »ob Metalllinien, welche mit Linien des Sonnenspektrums zusammenfallen, auch wirklich mit diesen identisch sind, welche Metalle man hiernach als wirklich auf der Sonne vorhanden annehmen soll, ist sehr schwer zu beantworten. Kayser und Runge haben z. B. eine Identität nur dann angenommen, wenn auch die relativen Intensitäten der betreffenden Linien in Sonnen- und Metallspektrum übereinstimmen; sie haben das Vorhandensein gewisser Metalle auf der Sonne verneint, auch wenn einzelne Linien ihrer Position nach übereinstimmten. Dieses Verfahren hat nur dann seine Berechtigung, wenn man weiss, dass die beiden zu vergleichenden Spektra bei denselben Temperaturen erhalten sind; ich bin aber gerade im Laufe der vorliegenden Untersuchungen zu der Überzeugung gekommen, dass man weniger Wert auf die relativen Intensitäten legen sollte. Ich werde Gelegenheit haben, darauf hinzuweisen, mit wie verschiedenen relativen Intensitäten z. B. die Eisenlinien in den einzelnen Sternspektren auftreten, wie häufig

der Fall vorkommt, dass einige der stärksten Eisenlinien in Sternspektren fehlen, die zahlreiche schwächere Linien des Eisens enthalten. Ferner werde ich zeigen, dass der Wechsel der relativen Intensitäten im Magnesiumspektrum bei verschiedenen Temperaturen ein Mittel gewährt, die Temperatur auf den Sternen zu bestimmen, und ich bin aus diesen Erfahrungen zu der Überzeugung gelangt, dass, solange nicht besondere Untersuchungen über das Verhalten der einzelnen Metallspektra bei verschiedenen, stark variierten Temperaturen vorliegen, man besser thut, bei derartigen Identifizierungen die relativen Intensitäten der Linien ganz ausser acht zu lassen. Man setzt sich allerdings hierbei der Gefahr aus, eine grosse Menge unrichtiger Identifizierungen vorzunehmen, da die Linien im Sonnenspektrum so gedrängt stehen, dass bei Zulassung eines gewissen Spielraumes beinahe für jede Metalllinie eine Koïnzidenz im Sonnenspektrum aufzufinden ist. Sobald man sich aber dieses Fehlers bewusst ist, hört er eigentlich auf, ein Fehler zu sein; man nützt eben ein unzureichendes Material nach Möglichkeit aus, während man im anderen Falle einen gewissen Teil desselben auf Grund einer nicht berechtigten Strenge verwirft. Ich habe die Überzeugung gewonnen, dass auch, wenn einmal die Linien sämtlicher bekannten Elemente mit voller Schärfe gemessen sein werden, noch eine beträchtliche Unsicherheit über das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein eines bestimmten Elements in der Sonne bestehen bleiben wird.«

Die sämtlichen Linien der oben erwähnten Metalle, sowie diejenigen des Rowland'schen Verzeichnisses hat Prof. Scheiner nun mit dem Sonnenspektrum verglichen und eine Koïnzidenz angenommen, wenn diese Metalllinien innerhalb der Grenzen von $\pm$ 0.020 $\mu\mu$ mit Sonnenlinien zusammenfallen, und daraus einen Katalog von Metalllinien im Sonnenspektrum zusammengestellt.

Prof. Scheiner geht nun über zur Charakterisierung der einzelnen Spektra. Zunächst bespricht er die Spektra der Spektralklasse Ia. Dieser Typus ist charakterisiert durch das spektrale Überwiegen des Wasserstoffes, dessen Linien breit und stark verwaschen erscheinen und fast ohne Ausnahme von keiner Linie eines anderen Elementes an Intensität erreicht werden. Man hat sich bisher mit dieser allgemeinen Erkenntnis begnügen müssen, indem durch die direkten Beobachtungen nur in ganz extremen Fällen über die verschiedene Breite der Wasserstofflinien ein Urteil zu gewinnen war. Die Aufnahmen mit dem Potsdamer Spektrographen lassen dagegen nicht nur Unterschiede in bezug auf die Breite der Linien erkennen, sondern auch in betreff ihrer Intensität, resp. der Intensitätsabnahme von der Mitte aus, allerdings nur bei der Hγ-Linie, da in den wenigen Fällen, wo überhaupt die Hβ-Linie oder die Hδ-Linie sichtbar ist, die Schärfe des Spektrums zu feineren Untersuchungen nicht mehr genügt.

»Bei der Beurteilung der Breite der Linien ist es oft schwierig, mit Sicherheit zu entscheiden, ob die Unterschiede wirklich reell oder

nur durch die verschiedene Stärke der Aufnahmen bedingt sind. Da alle breiten Linien ausnahmslos stark verwaschen sind — es folgt dies schon ohne weiteres aus den Formeln, welche die Abhängigkeit der Breite der Spektrallinien von Dicke oder Dichte der absorbierenden Schicht angeben —, also nur ein allmählicher Übergang von der Intensität des kontinuierlichen Spektrums bis zum Minimum der Helligkeit in der Mitte der Linie stattfindet, so ist es klar, dass bei grösserer Stärke der Aufnahmen (längere Expositionszeit, durchsichtigere Luft u. s. w.) die Linien scheinbar immer schmaler werden müssen. Wenn man daher nicht viele verschiedenartige Aufnahmen von demselben Sternspektrum besitzt, so ist die Beurteilung der wahren Breite eine sehr unsichere.«

Viel wichtiger in dieser Beziehung sind die hier zum ersten Male zur Untersuchung gelangenden Unterschiede, welche in der Intensitätsverteilung des Lichtes innerhalb der verbreiterten Linien bei den verschiedenen Sternen bestehen. Zur Darlegung seiner Ansicht hierüber geht Prof. Scheiner auf den Gegenstand näher ein.

»Ich nehme an,« sagt er, »dass der physikalische Begriff eines Sterns zum Unterschiede gegen einen Nebel erst dann beginnt, wenn das Spektrum ein wesentlich kontinuierliches ist, wenn sich also ein solches Verdichtungszentrum gebildet hat, dass eine gewisse Schicht desselben die Eigenschaften unserer Sonnenphotosphäre hat, welche Licht von allen Strahlengattungen aussendet. Stützt man sich nun allein auf das Kirchhoff'sche Gesetz, ohne andere Betrachtungen hinzuzuziehen, so hängt der Umstand, ob ein Stern helle oder dunkle Linien hat, nur davon ab, ob die oberhalb der Photosphäre befindlichen Gasschichten eine höhere oder niedrigere Temperatur als die Photosphäre besitzen. Bei gleicher Temperatur würden keine Linien sichtbar sein. Solange man nicht Anhänger der Lockyer'schen Meteorhypothese ist, kann aber die oben gegebene Erklärung für die hellen Linien in einzelnen Sternspektren nicht genügen, da es unseren ganzen physikalischen Anschauungen widerspricht, Körper anzunehmen, bei denen dauernd oder im allgemeinen die äusseren Schichten eine höhere Temperatur als die inneren besitzen.

Ein kontinuierliches und massenhaftes Hineinstürzen von Meteoren in die oberen Schichten der Atmosphäre könnte die letzteren zwar wohl auf einen höheren Temperaturgrad bringen, als die Photosphäre besitzt; es könnten aber dann im Spektrum nicht mehr wesentlich nur die Wasserstofflinien hell erscheinen, vielmehr müssten auch die Linien der in den Meteoren enthaltenen Metalle eine hervorragende Rolle spielen. Auch ein anderer Zustand, der das Vorhandensein einer äusseren heisseren Schicht erklären könnte, scheint sehr wenig plausibel, nämlich das fortwährende Hervorbrechen heisserer Gase aus dem Inneren, die alsdann wenigstens einen grösseren Teil der oberen Atmosphärenschichten stark erhitzen könnten. Die Gase müssten aber doch die Photosphäre durchbrechen und würden also die Temperatur derselben ebenfalls erhöhen, so dass nicht recht

einzusehen ist, weshalb ein wesentlicher Überschuss der Temperatur oberhalb der Photosphäre bestehen sollte.

Eine andere, wie mir scheint, sehr einfache Erklärung der hellen Linien ist auf das Aussehen der Linien basiert. Die Breite und Verwaschenheit der Wasserstofflinien deuten an, dass die Sterne des I. Typus eine sehr mächtige Wasserstoffatmosphäre besitzen, und es braucht nur angenommen zu werden, dass die Höhe dieser Atmosphäre von derselben Ordnung ist wie der Durchmesser des von der Photosphäre begrenzten Kernes. Es geben dann diejenigen Teile der Atmosphäre, welche über die scheinbare Scheibe des Kernes hinausragen, ein Wasserstoffspektrum mit hellen Linien, während die vor der Scheibe befindlichen dunkle Absorptionslinien geben. Von dem punktförmigen Bilde des Sternes, wie wir es wegen der grossen Entfernung nur darstellen können, erhält man demnach beide Spektra optisch übereinander gelagert; die hellen Linien erscheinen auf den dunklen, und je nach der Intensität, also je nach dem Verhältnisse der Höhe der Atmosphäre zum Durchmesser des Kernes, überwiegen die einen oder die anderen Linien.

Für die Intensitätskurve der Wasserstofflinien bei den Sternen der I. Klasse lassen sich nun folgende Typen aufstellen:

1. Die Höhe der Atmosphären ist gering; es sind nur die Absorptionslinien merklich. Die Intensität derselben nimmt kontinuierlich bis zur Mitte ab.

2. Die Höhe der Atmosphäre ist so beträchtlich, dass auch die Emissionslinien merklich sind. Die Intensität nimmt also nicht bis zur Mitte der Linien kontinuierlich ab, vielmehr ist hier im allgemeinen ein sekundäres Maximum oder mindestens eine gleichförmige Intensität.

3. Die Ausdehnung der Atmosphäre ist so stark, dass die Emissionslinien des Wasserstoffes heller werden als das kontinuierliche Spektrum. Die Absorptionslinie kann zu beiden Seiten der hellen Linie noch merklich sein, sie kann aber auch vollständig überdeckt werden.«

Prof. Scheiner giebt für jeden Stern das Verhalten der $H\gamma$-Linie in bezug auf die Aufhellung und hat dieselbe nach einer Kurvennummer rubriziert. Es ist nun zu bemerken, dass, wenn einerseits die Photographie allein es ermöglicht hat, diese Unterschiede in den Linien erkennen zu lassen, sie anderseits auch wegen des verhältnismässig geringen Unterschiedes zwischen der oberen und der unteren Empfindungsschwelle der Platten auch diese Erkenntnis wieder erschwert. Je nach der Kraft der Aufnahme liegt das Minimum der Intensität der Absorptionslinie unterhalb oder oberhalb der unteren Empfindlichkeitsgrenze der Platte; im ersteren Falle erscheint die Mitte der Linie in einer grösseren Ausdehnung vollständig ohne Silberkorn, und es ist dann nicht zu entscheiden, ob Aufhellung vorhanden oder nicht. In solchen Fällen ist die Charakterisierung als zweifelhaft hingestellt.

Thatsächlich sind ungefähr alle hier aufgestellten Arten von Intensitätskurven bei den untersuchten Sternspektren vertreten, ein Umstand, der gewiss sehr zu gunsten der von Prof. Scheiner vertretenen Hypothese spricht gegenüber derjenigen der relativ heisseren Atmosphären.

Die Spektra vom ersten Typus zeigen auch in bezug auf das Verhalten der anderen Linien ganz charakteristische Unterschiede. Es scheint selten vorzukommen, dass in einem Spektrum der I. Klasse verwaschene und feine Metalllinien gleichzeitig auftreten, vielmehr sind im allgemeinen entweder alle Linien breit und verwaschen, ähnlich wie die Wasserstofflinien, oder alle sind scharf. Bei den Spektren mit breiten Linien zeigt sich ein wesentlicher Unterschied darin, dass im einen Falle nur einzelne, ganz isolierte Linien vorhanden sind, deren Verbreiterung thatsächlich durch die grössere Dichte oder die höhere Temperatur der betreffenden Gase verursacht ist, während im anderen die breiten Linien zweifellos nur Liniengruppen sind, also die Linien überhaupt nur durch dichtes Zusammenstehen merklich werden.

Prof. Scheiner giebt nun eine genaue Besprechung der Spektra der einzelnen hierher gehörigen Sterne. Aus derselben möge folgendes hervorgehoben werden:

η Ursae majoris. Das Spektrum zeigt eine sehr breite und verwaschene Linie der Wellenlänge 447.212. Sie ist identisch mit der in allen Orionsternen auftretenden und wird deshalb kurz als Orionlinie bezeichnet.

α Leonis. Bei Wellenlänge 436.9 ist eine Linie, die den Eindruck einer hellen Linie macht, die in einer dunklen sitzt. Eine genauere Verfolgung des Spektrums mit möglichst kraftvollen Hilfsmitteln ist angezeigt.

α Aquilae. Das Spektrum macht den Eindruck eines stark abgeblassten Sonnenspektrums. Prof. Scheiner bemerkt dazu: »Eine Erklärung für dieses eigentümliche Spektrum kann in zweierlei Richtung gegeben werden. Einmal kann man sich vorstellen, dass infolge stärkerer Abkühlung und Verdichtung in der Konstitution des Sternes bereits einige Ähnlichkeit mit der Sonne eingetreten ist, und zwar so, dass nicht allmählich einzelne besonders hervorragende Metalllinien aufgetreten sind, sondern dass die absorbierende Atmosphäre auch gleich in ihrer Zusammensetzung Ähnlichkeit mit derjenigen auf der Sonne hat. Es besteht hierbei noch eine sehr mächtige Wasserstoffatmosphäre, die auch noch grosse Mengen von Magnesiumdampf enthält. α Aquilae würde dann einen vorzüglichen Beweis für den allmählichen Übergang der ersten Spektralklasse in die zweite bilden, und somit würde eine sehr gewichtige Stütze für die physikalische Bedeutung der Klasseneinteilung gewonnen sein.

Eine zweite Erklärung des Spektrums von α Aquilae würde die sein, das Spektrum als aus zwei übereinander gelagerten Komponenten bestehend zu betrachten, als eine optische Superposition eines Spektrums der ersten Klasse durch ein solches der zweiten. Vor einigen Jahren würde eine derartige Erklärung kaum annehmbar gewesen sein; heute, nachdem bereits mehrere sehr enge Doppelsternsysteme bekannt sind, liegt kein Bedenken vor, α Aquilae als einen Doppelstern zu betrachten, dessen eine Komponente ein Stern der ersten, dessen andere Komponente ein Stern der zweiten Spektralklasse ist. Ein Umstand macht mir diese Erklärung sogar noch wahrscheinlicher als die andere, nämlich das Vorhandensein der breiten Mg-Linie bei λ 448 $\mu\mu$. Es ist nicht sehr wahrscheinlich, dass die Mg-Linie

so sehr stark gegenüber den anderen Linien in einem Spektrum der zweiten Klasse hervortritt, wenigstens existiert kein weiteres Beispiel hierfür; dagegen würde es durchaus plausibel sein, die starke Mg-Linie in das Spektrum der ersten Klasse der einen Komponente zu versetzen, wo ihr Fehlen auffälliger als ihr Vorhandensein sein würde.

Die drei in bezug auf die Linienverschiebung sehr gut übereinstimmenden Aufnahmen von α Aquilae geben keinen Stützpunkt für die Hypothese einer Doppelsternnatur, doch dürfte es sich empfehlen, den Stern in dieser Beziehung nicht aus dem Auge zu verlieren.«

β Cassiopejae. Die Ähnlichkeit mit α Aquilae erstreckt sich auch auf das Auftreten der Mg-Linie, und es sind deshalb für β Cassiopejae dieselben Betrachtungen massgebend wie bei α Aquilae. Auch hier ist ein weiteres Verfolgen des Spektrums zur Ermittelung etwaiger Veränderung der Linienverschiebung angezeigt.

α Canis majoris. Das Spektrum enthält eine grosse Anzahl scharfer, meist schwacher Linien, von denen Scheiner 90 messen konnte. Unter diesen sind 54 mit Eisenlinien zu identifizieren, was auch die direkten Aufnahmen des Siriusspektrums mit dem Eisenspektrum bestätigen. Von den übrigen Metallen treten wieder Magnesium und Barium durch die Stärke ihrer Linien hervor. Die Abweichungen der Intensitäten der Eisenlinien gegen diejenigen in der Sonne sind sehr auffallend.

α Canis minoris. »Das Spektrum ist ein Übergang zwischen Ia und IIa. Die Wasserstofflinien sind etwas breiter und verwaschener als im Sonnenspektrum, erreichen jedoch nicht entfernt die Breite wie in irgend einem anderen Sterne des Typus Ia. Im übrigen zeigt das Spektrum eine ganz ausserordentliche Ähnlichkeit mit dem Sonnenspektrum, nur sind alle Linien viel schwächer als in letzterem, so dass bei kräftig exponierten Aufnahmen nur die stärksten Linien sichtbar bleiben. Spezielle Abweichungen vom Sonnenspektrum kommen nur wenig vor. Man erhält den Anblick des Procyonspektrum einigermassen, wenn man ein Sonnenspektrum durch eine angehauchte Glasplatte betrachtet. Mit Sicherheit kräftiger als in der Sonne erscheint die Mg-Linie bei λ 448.1 $\mu\mu$, und auch dies zeigt an, dass der Stern noch Anklang an die Klasse Ia hat.« Nach dem ganzen Charakter des Spektrums scheint Prof. Scheiner die Möglichkeit einer Erklärung (Pickering) des Spektrums wie bei α Aquilae durch die Superposition zweier Spektra vom ersten und zweiten Typus gänzlich ausgeschlossen, vor allem müsste dann die Hγ-Linie, wenn auch stark aufgehellt, so doch viel breiter erscheinen. α Canis minoris ist übrigens schon sehr merklich gelb gefärbt und bildet auch in dieser Beziehung einen Übergang zu IIa.

Die Spektralklasse Ib ist nach Ausweis der Potsdamer Aufnahmen zu charakterisieren als Spektra enthaltend, in denen die Wasserstofflinien und die wenigen Metalllinien alle von nahezu gleicher Breite und Begrenzung erscheinen. In bezug auf ihre Breite stehen die Linien etwa in der Mitte zwischen denen der Klasse Ia und IIa. Die Begrenzung der Linien ist in anbetracht ihrer Breite eine ganz auffallend scharfe, dabei ist aber ihre Intensität sehr verschieden; manche sind nur äusserst matt und kaum erkennbar, andere sehr kräftig und dunkel. Eine Erklärung der scharfen Begrenzung trotz ziemlicher Breite wird von Prof. Scheiner ähnlich wie für die Typen der Wasserstofflinien der Klasse Ia gegeben.

Von den Spektren hierher gehöriger Sterne ist zu erwähnen α Cygni, bei dem die Ca-Linien fehlen, und welches eines der interessantesten Spektra ist, die in Potsdam untersucht wurden.

»In dem Spektrum von γ Cassiopejae ist ausser der hellen Hγ-Linie nichts anderes zu erkennen. Dieselbe erscheint in dem sehr schmalen Spektrum als überstehender Knoten von ziemlicher Breite, jedoch nicht ganz so breit, wie die dunklen Linien der Klasse Ia. Auf beiden Aufnahmen ist sehr deutlich zu erkennen, dass die helle Linie nicht in gleichförmigem Anstiege vom kontinuierlichen Spektrum aus beginnt, sondern dass die Intensität des letzteren an den Rändern der Linie zuerst nachlässt. Hiernach ist anzunehmen, dass die Wasserstoffatmosphäre von γ Cassiopejae eine sehr beträchtliche Ausdehnung gegenüber derjenigen des eigentlichen Kernes besitzt; dass die Breite der hellen Linien geringer ist als diejenige der Absorptionslinie, rührt daher, dass die Dichtigkeit der äusseren Teile der Atmosphäre, welche die weitaus grösste Fläche bilden, viel geringer ist, als diejenige der inneren Teile von geringerer Fläche.

Auch bei γ Cassiopejae könnte man das Vorhandensein eines Doppelspektrums vermuten, herrührend von zwei eng zusammenstehenden Sternen, wovon einer der Klasse Ia angehören würde, während der andere helle Linien zeigte, ähnlich wie dies bei β Lyrae der Fall zu sein scheint. Für die eine Komponente des Systems, deren Spektrum die hellen Linien enthält, bleibt aber doch immer wieder die Notwendigkeit einer Erklärung übrig, wenn man nicht annehmen will, dass das Spektrum dieser Komponente nicht kontinuierlich ist, sondern nur aus hellen Linien besteht, dass also diese Komponente überhaupt kein Stern ist. Es lässt sich zur Zeit nichts bestimmtes über diesen Punkt angeben; vorläufig scheint die ursprüngliche Hypothese noch ausreichend zu sein.«

Die Spektra der Klasse IIa—IIIa. In ihnen spielt der Wasserstoff noch immer eine Hauptrolle, aber nicht mehr eine so überwiegende wie in Ia. »Die Wasserstofflinien,« sagt Prof. Scheiner, »gehören noch zu den kräftigsten Linien des ganzen Spektrums, aber die Linien der anderen Metalle, speziell diejenigen von Eisen, Calcium, Magnesium und Natrium, sind von gleicher Stärke und gleichem Aussehen: scharf, nur wenig verwaschen und von grosser Schwärze. Von einer Aufhellung der Linien wie bei Klasse Ia kann keine Rede mehr sein, da die Atmosphären schon viel zu wenig ausgedehnt sind, wie das Beispiel unserer Sonne zeigt. Das Sonnenspektrum selbst lehrt, dass die Hauptunterschiede im Aussehen der Linien auf ihrer Breite beruhen, also von der Anzahl der betreffenden Moleküle abhängen, welche das von der Photosphäre herkommende Licht in der Atmosphäre der Sonne trifft. Weniger scheint der Unterschied in der wirklichen Intensität hervorzutreten, der nur auf verschiedene Temperatur der betreffenden Stoffe zurückgeführt werden könnte. Ich möchte glauben, dass die vorhandenen Intensitätsunterschiede — man spricht ja z. B. von ganz schwachen Linien im Sonnenspektrum — nur scheinbare sind: Die schwachen, resp. matten Linien sind so ausserordentlich fein, dass für sie der Spalt schon viel zu weit, das Spektrum schon viel zu unrein ist, als

dass sie in voller Schwärze erscheinen könnten. Es scheint mir dies deshalb wahrscheinlicher, weil auf der Sonne die sogenannte »absorbierende Schicht«, d. h. der obere Teil der Photosphäre, viel zu wenig ausgedehnt ist, als dass innerhalb derselben wesentliche Temperaturunterschiede bestehen könnten.«

In die Spektralklasse IIa gehört unsere Sonne.

α Aurigae. Das Spektrum ist völlig mit dem der Sonne identisch, gemessen wurden 290 Linien.

α Bootis, zeigt auch eine ausserordentliche Ähnlichkeit mit dem Sonnenspektrum, gemessen wurden 307 Linien.

β Geminorum. »Das Spektrum ist Typus IIa und entspricht fast absolut dem Sonnenspektrum, ist jedoch wohl schon etwas weiter nach IIIa vorgeschritten. Die Bänderbildung ist nur wenig entwickelter als im Sonnenspektrum, dagegen scheint das Violett, von der G-Gruppe an, etwas kräftiger absorbiert zu sein; doch ist eine Beurteilung dieses Umstandes erschwert durch die Mattheit der Aufnahmen. Eine irgend merkliche Abweichung vom Sonnenspektrum konnte sonst nicht konstatiert werden.«

α Tauri. »Das Spektrum ist Typus IIa mit deutlichen Übergängen zu IIIa hin. Die Linien sind im allgemeinen breiter und verwaschener als im Sonnenspektrum und vereinigen sich mehr als in diesem zu Bändern, die schon mehrfach in charakteristischer Weise eine einseitige Verwaschenheit zeigen. Während im grossen und ganzen auch in bezug auf die relativen Intensitäten eine grosse Übereinstimmung mit dem Sonnenspektrum herrscht, finden doch schon einzelne auffallende Abweichungen statt, die im folgenden besonders hervorgehoben sind. Die Lichtschwäche des Spektrums von der G-Gruppe an nach dem Violett hin ist gegenüber dem Sonnenspektrum auffallend.«

α Ursae majoris. »Das Spektrum ist Typus IIa mit sehr merklichem Übergange nach IIIa hin. Das Zusammenfliessen der Linien zu verwaschenen Bändern ist sehr ausgesprochen, auch ist das allgemeine Aussehen von dem des Sonnenspektrums verschieden. Der plötzliche Lichtabfall beim Beginn der G-Gruppe ist sehr auffallend.«

α Persei. »Das Spektrum ist Typus IIa mit nur geringen Anzeichen des Überganges nach IIIa und steht in dieser Beziehung vielleicht noch vor dem der Sonne. Dagegen zeigt das Spektrum eine auffallende Anzahl von sehr starken Abweichungen gegen den allgemeinen Typus. Manche Linien des Sonnenspektrums sind stärker, manche schwächer; mehrfach fehlen stärkere Linien und sogar ganze Bänder des Sonnenspektrums, dafür sind deutliche Linien an Stellen, wo im Sonnenspektrum mit Sicherheit keine Linien zu erkennen sind.«

Die genaue Untersuchung, welche Prof. Scheiner anstellte, ergab, dass beinahe die Hälfte aller Linien, welche in dem Spektrum von α Persei Abweichungen gegen das Sonnenspektrum zeigen, in dem Spektrum von α Cygni ebenfalls wesentlich hervortreten und dessen Eigentümlichkeit bedingt. Nun gehört α Cygni der Klasse Ib an, α Persei der Klasse IIa, und es erscheint ihm daher der Schluss durchaus plausibel, dass α Persei früher ein ähnliches Spektrum wie α Cygni gehabt hat, dass also hierdurch der bisher noch fehlende Übergang von Ib nach IIa gegeben ist.

Von speziellen Untersuchungen, welche Prof. Scheiner im letzten Teile seiner grossen Abhandlung giebt, muss noch derjenigen über die Orionlinie (W. L. 447.175 $\mu\mu$) gedacht werden. Diese Linie wurde von ihm zuerst bei den Orionsternen der Klasse I gefunden,

bei welchen sie ohne Ausnahme auftritt, später fand sie sich auch in den Spektren von β Persei, α Virginis, β Tauri und η Ursae majoris. An ihrer Stelle findet sich im Sonnenspektrum keine Linie: ›Auch in den genauer ausgemessenen Metallspektren ist keine Linie zu finden, welche mit der Orionlinie identisch sein könnte. In Young's Verzeichnisse der Chromosphärenlinien ist als immer im Chromosphärenspektrum sichtbare Linie unter Nr. 222 die Linie λ 447.12 $\mu\mu$ angegeben, die bei Reduktion auf das Potsdamer System der Wellenlängen mit der schwachen Linie λ 447.193 $\mu\mu$ im Sonnenspektrum zusammenfällt. »Es ist sehr leicht möglich,» fährt Professor Scheiner fort, «dass die Chromosphärenlinie und die Orionlinie identisch sind, dagegen halte ich es für unwahrscheinlich, dass sie dem Cerium angehört, wie Young nach Thalén und Kirchhoff angenommen hat. Der Stoff, von welchem die Linie herrührt, scheint sehr viel Verwandtschaft mit dem Wasserstoffe zu besitzen, da in allen Spektren, in denen die Orionlinie auftritt, sie in ihrer Breite und Verwaschenheit genau der Wasserstofflinie Hγ entspricht. Der Umstand, dass die Linie immer sehr stark aufgehellt erscheint, mehr als die Wasserstofflinie, spricht dafür, dass das betreffende Gas ein noch geringeres Atomgewicht als Wasserstoff besitzt. Es ist nun von besonderem Interesse, dass sich an dieser Stelle eine Linie im Spektrum des Orionnebels befindet, die von Copeland entdeckt worden ist und nach dessen etwas unsicherer Bestimmung die Wellenlänge 447.6 $\mu\mu$ hat. Nach Messungen von Keeler kommt dieser Linie die Wellenlänge 447.12 $\mu\mu$ zu, Campbell findet 447.3 $\mu\mu$, so dass an der Identität derselben mit der Orionlinie kein Zweifel mehr bestehen kann. Der durch das gemeinsame Auftreten dieser sonst in den Sternen der I. Klasse nur selten vorkommenden Linie dokumentierte physikalische Zusammenhang zwischen den Orionsternen ist hiermit auch auf den Orionnebel auszudehnen, ein Zusammenhang, der in neuerer Zeit noch durch andere Untersuchungen wahrscheinlich gemacht worden ist.«

Zum Schlusse fasst Prof. Schreiner die Ergebnisse seiner Untersuchungen zusammen und sagt: »Ich glaube, im Laufe der Untersuchungen häufig genug Gelegenheit genommen zu haben, auf's deutlichste erkennen zu lassen, dass mir die durch die Vogel'sche Klassifikation gegebene Entwickelungsgeschichte der Fixsterne und ihre damit zusammenhängende Konstitution zur Erklärung der neuen Beobachtungsergebnisse durchaus ausreichend erscheint. In betreff einer der neueren Theorien, nämlich derjenigen von Lockyer, habe ich bereits in meiner »Spektralanalyse der Gestirne« pag. 330 meinen (ablehnenden) Standpunkt gegenüber derselben sehr deutlich klargelegt, so dass es hier nur einer Verweisung darauf bedarf; anders aber verhält es sich mit der von Schmidt entwickelten Refraktionstheorie der gasförmigen Himmelskörper, besonders nach deren sorgfältig durchgeführter Anwendung auf die Erscheinungen, welche unsere Sonne bietet, durch Knopf. Es kann kein Zweifel darüber obwalten, dass die allgemeinen Grundzüge dieser Theorie richtig sind, und dass die Möglichkeit der Existenz von Himmelskörpern, welche die Schmidt'schen Forderungen erfüllen, vorliegt; es fragt sich nur, ob diese Existenz auch wahrscheinlich ist, und ob speziell unsere Sonne und damit alle ihr ähnlichen Körper in diese Theorie hineinpassen. Ich muss bekennen, dass mir dies höchst

unwahrscheinlich erscheint, und zwar aus mehreren Gründen. Zunächst würde ein solcher Ruhezustand, wie ihn die Schmidt'sche Theorie voraussetzt, bei einem rotierenden, sehr heissen und in ständiger Abkühlung begriffenen Gasballe absolut ausgeschlossen sein; alle Erfahrungen lehren, dass im Weltall nirgends Ruhe, sondern unausgesetzte Bewegung herrscht. Wenn man auch mit Schmidt darin übereinstimmt, die Gase, in denen sich die uns sichtbaren Vorgänge auf der Sonne abspielen, als ausserordentlich dünn zu betrachten, so hält es doch schwer, sich eine so enorme Lichtdurchlässigkeit derselben vorzustellen, wie sie nach Schmidt erforderlich ist. Schliesslich erscheinen mir alle Erklärungen von Einzelerscheinungen auf der Sonne, besonders von denjenigen spektraler Natur, sehr viel gezwungener und komplizierter nach Schmidt's Theorie als nach der bisherigen; ich sehe keinen Grund ein, die bisherigen Erklärungen zu verlassen, solange nichts Einfacheres dafür geboten wird.

Ich muss an dieser Stelle auch kurz meinen Standpunkt zum Kirchhoff'schen Satze angeben, da dessen Folgerungen für die weiteren Schlüsse massgebend sind. Die neueren Untersuchungen haben einzelne Physiker zu der Überzeugung geführt, dass beim Glühen der Gase nicht so einzelne Vorgänge stattfinden, wie sie Kirchhoff angenommen hat. Die Veränderungen, welche die Spektra glühender Gase zeigen, je nach der Art und Weise, wie ihr Glühen hervorgebracht wird, sollen weniger von der Temperatur, also von der Schwingungsamplitude abhängen, als vielmehr von komplizierteren chemischen oder elektrischen Prozessen, über deren Natur man allerdings ja noch vollständig im Unklaren ist. Während man also bisher die Kirchhoff'sche Funktion als allein abhängig von Wellenlänge und Temperatur betrachtet und Fälle, wo dies augenscheinlich nicht zutrifft, wie z. B. bei der Phosphoreszenz, als nicht unter das Kirchhoff'sche Gesetz fallend ausgeschlossen hat, würde man jetzt vor der Wahl stehen, entweder alle Fälle auszuscheiden, d. h. den Kirchhoff'schen Satz als nicht mehr gültig zu betrachten, oder ihn derart zu ändern, dass an Stelle der Temperatur ein anderer, näher zu definierender Begriff, der mit der Art der Lichterregung zusammenhängt, zu setzen wäre. Das erstere geschieht schon von seiten einzelner Physiker, wie mir scheint, sehr mit Unrecht, solange dieselben nichts Besseres an die Stelle zu setzen haben; das letztere würde einer Erweiterung des Kirchhoff'schen Satzes gleich kommen, die nur mit Freuden zu begrüssen wäre. Solange aber ein solcher Begriff noch nicht gefunden ist, ja besonders solange überhaupt ein definitiver Beweis dafür, dass die Temperatur allein nicht massgebend ist, noch nicht geführt ist, solange soll man meines Erachtens bei Untersuchungen wie der vorliegenden die alte Form des Kirchhoff'schen Satzes beibehalten, immer mit dem Bewusstsein, dass möglicherweise anstatt der Temperatur ein anderer Begriff einzuführen ist. Wenn ich beispielsweise sage, dass die Temperatur an der Oberfläche der Sterne des Typus I derjenigen bei stark gespanntem Funken entspreche, so ist hier eventuell zu setzen: der Glühzustand des Mg-Dampfes an der Oberfläche der Sterne des I. Typus entspricht demjenigen in stark gespannten Funken.

Diese Andeutungen werden genügen, meinen Standpunkt in bezug auf die Frage nach der Konstitution der Weltkörper darzustellen, von welchem aus ich nun versuchen möchte, auf grund der durch die photographischen Sternspektra gewonnenen Resultate in möglichster Kürze auf einige Gesichtspunkte näher einzugehen.

Die wesentliche Unterscheidung zwischen Stern- und Nebelspektrum liegt im Vorhandensein eines kräftigen kontinuierlichen Spektrums. Dieses kontinuierliche Spektrum kann auf zweierlei Weise gedeutet werden:

1. Die glühenden Gase befinden sich in einer gewissen Tiefe unterhalb der Atmosphäre unter einem solchen Drucke, dass ihr Linienspektrum durch Verbreiterung der Linien in ein kontinuierliches übergegangen ist. In diesem Falle müssten diejenigen Gase, welche sich in diesem Zustande

befinden und dabei gleichzeitig noch oberhalb dieser Schicht vorhanden sind, Absorptionslinien von ganz enormer Breite und Verwaschenheit zeigen, da ja alle Übergänge vom stärksten Drucke bis zu dem geringsten vorhanden sind. Ein solches Aussehen der Linien ist bisher bei keinem einzigen Sterne beobachtet worden, im besonderen nicht bei der vorliegenden Untersuchung. Sind dagegen die absorbierenden Gase nicht in den unteren, unter starkem Drucke befindlichen Gasen enthalten, so könnten allerdings die weniger breiten Linien, wie sie thatsächlich nur vorkommen, entstehen. Es müsste dann vor allem aber angenommen werden, dass der Wasserstoff in dieser Tiefe nicht mehr vorhanden ist, und das erscheint sehr unwahrscheinlich.

2. Die Photosphäre besteht im wesentlichen aus Kondensationsprodukten, ähnlich den Wasserdampfwolken in unserer Atmosphäre. Sie rühren also von einem Stoffe oder von mehreren Stoffen her, für welche in einer gewissen Höhe der Wasserstoffatmosphäre eine Übersättigung stattfindet, in ganz ähnlicher Weise, wie durch die in aufsteigenden Strömen mitgeführten Wasserdämpfe in einer gewissen Schicht die Wolken entstehen. Auf diese Weise lässt sich die enorme Leuchtkraft der Photosphären sehr viel leichter erklären, da glühende feste oder flüssige Partikelchen ein viel grösseres Emissionsvermögen besitzen wie glühende Gase, auch wenn sich letztere unter starkem Drucke befinden. Entgegengesetzt den sonst meist verbreiteten Ansichten haben wir uns aber vorzustellen, dass sich innerhalb der oberen Schichten der Photosphäre die Gase in einem ausserordentlich dünnen Zustande befinden, der nur vergleichbar ist mit der Dichtigkeit der Gase in möglichst evakuierten Geissler'schen Röhren. Die Dichtigkeit der Kondensationsprodukte ist daher keineswegs derjenigen unserer Wolken vergleichbar, sondern höchstens den allerzartesten Schleierbildungen in den höheren Schichten unserer Atmosphäre.

Ich möchte nun unter Annahme von 2 einen Erklärungsversuch dafür aufstellen, dass mit zunehmender Abkühlung eines Sternes die Wasserstofflinien allmählich an Breite verlieren, während die Linien der übrigen Metalle stärker hervortreten.

Einen Fixstern der Klasse Ia haben wir uns nach dem Vorgeschickten vorzustellen als einen Gasball, bei welchem sich über seiner Photosphäre eine noch sehr beträchtliche Atmosphäre wesentlich von Wasserstoff befindet. Die Temperatur dicht über den obersten Schichten der Photosphäre ist vergleichbar mit derjenigen stark gespannter elektrischer Funken. Alle anderen Metallgase ausser dem Wasserstoffe befinden sich noch so weit innerhalb der Photosphäre, dass die infolge der nach aussen stattfindenden Temperaturabnahme eintretenden Absorptionen noch nicht merklich werden. Infolge der Wärmeausstrahlung in den Raum hinein findet ein Zusammenziehen der den Stern ausmachenden Gase statt, wodurch der Temperaturverlust besonders im Inneren des Körpers noch ausgeglichen wird; aber der Temperaturabfall von der Photosphäre bis zur äussersten Grenze der Atmosphäre wird bei dem Abnehmen der letzteren ein immer schrofferer, so dass endlich die Temperaturunterschiede der obersten Schichten der Photosphäre, welche noch Metallgase enthalten, gegen die letztere so beträchtlich werden, dass die Absorptionslinien sich bemerkbar machen. In erster Linie treten auf die Dämpfe von Magnesium, Natrium (nach Ausweis der Okularbeobachtungen) und wenigen unbekannten Stoffen, zu denen in einzelnen Sternen derjenige zu rechnen ist, der die Orionlinie erzeugt.

Dieser Prozess des Zusammenziehens schreitet immer mehr vor; die Wasserstoffatmosphäre oberhalb der Photosphäre nimmt durch das Aufrücken der oberen Grenze der letzteren immer mehr an Mächtigkeit — wohl auch durch direkten Verlust nach aussen hin — ab, die Temperaturdifferenzen der oberen Schichten der Photosphäre werden immer beträchtlicher, und damit wächst auch die Absorption. Es wird zunächst der Zustand der Klasse IIa erreicht, den wir am genauesten erforschen können. Ob die

Photosphäre der Sterne dieser Klasse schon merklich kühler ist als die der Sterne Ia, möchte ich nicht entscheiden, das wesentliche meiner Anschauung ist nur, dass infolge der Zusammenziehung der Temperaturabfall oberhalb der Photosphäre ein sehr viel stärkerer wird. Wann der Zeitpunkt eintritt, wo die Zusammenziehung nicht mehr genügt, die durch Ausstrahlung eintretende Temperaturabnahme der Photosphäre — und auf diese kommt es wesentlich an, da sie ja den bei weitem grössten Beitrag zum Wärmeverluste liefert — noch auszugleichen, ist natürlich nicht anzugeben, weil keine Entscheidung zu treffen ist, ob die Intensitätsabnahme des brechbareren Teiles des Spektrums, die bei Klasse IIa und besonders bei IIIa sich merklich macht, von einer reellen Abnahme der Strahlungsintensität herrührt oder nur von einer vermehrten Absorption in der über der Photosphäre gelegenen Schicht.

Die Temperatur der absorbierenden Schichten ist bei den Sternen der II. bis III. Klasse schliesslich so weit heruntergegangen, dass sie vergleichbar geworden ist mit derjenigen des elektrischen Lichtbogens; es ist demnach durchaus plausibel, dass allmählich chemische Verbindungen sich stabil erhalten können, und damit die charakteristischen Eigentümlichkeiten der III. Spektralklasse auftreten.«

Vorkommen der Linien des Cleveïtgasspektrums in den Sternspektren. Durch Ramsay's Entdeckung ist bekannt, dass in dem Spektrum des Gases, welches aus dem seltenen Minerale Cleveït entwickelt werden kann, die Heliumlinie (D_3), welche in dem Spektrum der Sonnenchromosphäre stets mit den Wasserstofflinien zusammen auftritt, auch vorhanden ist. Diese Linie ist ausserdem in den Spektren einiger Sterne beobachtet worden, in denen die Wasserstofflinien hell erscheinen. Prof. H. C. Vogel hat nun[1]) in dem Spektrum von β Lyrae eine Anzahl von Linien des Cleveïtgasspektrums gefunden. Dadurch angeregt, hat er auch andere Fixsternspektra untersucht. Es stand ihm zu dem Zwecke ein reiches Beobachtungsmaterial zur Verfügung, von Dr. Wilsing angesammelt, der vor etwa zwei Jahren auf seine Veranlassung hin damit begonnen hat, von allen Sternen bis zur 5. Grösse, die der ersten Spektralklasse angehören, Spektrogramme anzufertigen. Da die Linie λ 447 $\mu\mu$, welche in den Spektren der Orionsterne eine besondere Rolle spielt, dem Cleveïtgasspektrum angehört und somit die Ramsay'sche Entdeckung auch über den Ursprung dieser Linie Licht verbreitet hat, hat Prof. Vogel zunächst die Spektra der helleren Orionsterne einer Durchsicht unterworfen.

Es fanden sich in der That in den Sternen β, γ, δ, ε, ζ λ, ν, π^3, π^5 und ω Orionis so viele Linien des Cleveïtgasspektrums, dass gemäss dem Spektrum das Vorhandensein dieses Gases auf jenen Sternen wohl als erwiesen zu betrachten ist. Prof. Scheiner führt in seinen Untersuchungen über die Spektra der hellen Sterne noch folgende Sterne an: α Virginis, β Persei, β Tauri und η Ursae majoris, in deren Spektren die »Orionlinie« λ 447.2 $\mu\mu$ sichtbar ist. Professor Vogel war daher überrascht, bei der Durchsicht der Spektra von etwa 150 helleren Sternen, der ersten Spektralklasse angehörig, nicht weniger als 25 Sterne ausser den zehn Orionsternen und den vier

[1]) Sitzber. der Kgl. Preuss. Akademie d. Wissensch. **40.** p. 947 u. ff.

von Scheiner angeführten Sternen zu finden, in deren Spektren die für die Orionsterne charakteristischen Linien, oder mit anderen Worten, die Spektrallinien des Cleveïtgases zu finden waren.

Ein richtiger Überblick über die Verteilung dieser Sterne am Himmel kann erst erhalten werden nach Abschluss der vom Astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam begonnenen Arbeit, die Spektrogramme aller Sterne der ersten Spektralklasse bis etwa zur 5. Grösse herab anzufertigen und zu untersuchen, eine Arbeit, die bisher erst zum dritten Teile vollendet ist.

Prof. Vogel spricht sich bei dieser Gelegenheit über die Klassifikation der Sterne nach ihren Spektren aus. »Wiederum,« sagt er, »bin ich bei der Durchsicht der zahlreichen Spektra in der Ansicht bestärkt worden, dass bei einer Klassifikation der Sterne nach ihren Spektren nur allgemeine durchgreifende Merkmale aufgestellt werden sollten, und eine rationelle Einteilung nur zu denken ist, wenn sie auf dem Gesichtspunkte basiert, dass die verschiedenen Spektra der Sterne verschiedene Entwickelungsphasen derselben kennzeichnen. Meines Erachtens ist es zu bedauern, dass in der umfangreichen spektroskopischen Durchmusterung, die Pickering auf Grund der mit einem Objektivprisma aufgenommenen Spektra aller Sterne bis etwa 7. Grösse herab vorgenommen hat, die Klassifikation der Sterne, ohne von irgend einem allgemeinen Gesichtspunkte auszugehen, nur nach dem Aussehen des Spektrums, welches vielfach, durch unrichtige Exposition besonders bei helleren Sternen, entstellt ist, nach 16 mit den Buchstaben *A* bis *Q* bezeichneten Klassen erfolgt ist.

Mein früher, vor mehr als 20 Jahren, gemachter Versuch einer von dem oben bezeichneten Standpunkte ausgehenden Einteilung der Sternspektra [1]) hat trotz der enormen Fortschritte der Sternspektralanalyse in den letzten Jahren, namentlich auch durch die feinen, detaillierten Untersuchungen über die Spektra von Scheiner, im wesentlichen nur eine Bestätigung erfahren.

In bezug auf die Sterne der III. Spektralklasse ist auch jetzt noch die direkte Beobachtung in dem weniger brechbaren Teile des Spektrums der photographischen Aufnahme vorzuziehen. Für die von mir aufgestellten Abteilungen a und b fehlt das Kriterium, welche von beiden einer mehr vorgeschrittenen Entwickelung angehört, gänzlich. Es lässt sich nur so viel sagen, dass bei beiden Abteilungen die Atmosphären der Sterne so weit abgekühlt sind, dass die Dissociation der Stoffe aufhört, und Verbindungen sich halten können. Es ist deshalb kein Grund gegeben, die Sterne der Klasse III b, bei welchen hauptsächlich Kohlenwasserstoffe die Absorptionsbänder hervorbringen, in eine besondere IV. Klasse zu verweisen. Desgleichen ist zur Erkennung der Spektra der II. Spektralklasse die direkte Beobachtung sehr geeignet. Auch hier ist kein Grund vorhanden, andere Unterabteilungen, als die beiden von mir angenommenen, aufzustellen, ehe noch genauere Untersuchungen über die Spektra der Klasse II b vorliegen.

Anders verhält es sich mit den Spektren der I. Spektralklasse. Bei diesen Spektren ermöglicht die Anwendung der Photographie, im allgemeinen weiter zu gehen und feinere Unterscheidungsmerkmale aufzustellen, als es früher der Fall war. Es scheint auch das Studium des Spektrums dieser Sterne insofern von besonderm Interesse, als man, von dem einfachsten Spektrum, in dem nur die Wasserstofflinien erkennbar sind, ausgehend, die ersten Spuren einer weiteren Entwickelung durch das Hinzutreten von Linien anderer Stoffe auffinden und verfolgen kann bis zu den mit zahl-

[1]) Astron. Nachr. Nr. 2000.

losen Linien durchzogenen Spektren der II. Spektralklasse. Vielleicht gelingt es bei noch weiterer Erforschung der Einzelheiten in den Spektren der Klasse I, die ersten Anfänge und einzelne Glieder der beiden auseinandergehenden Reihen zu finden. deren Endglieder die im Aussehen so verschiedenen Spektra der Spektralklasse IIIa und IIIb sind.

Im besonderen haben mich die oben mitgeteilten Beobachtungen zu der Ansicht geführt, dass das Auftreten der Linien des Cleveïtgases in den Sternspektren sehr zu beachten ist und ein geeignetes Mittel zur Klassifikation der Spektra abgeben kann. Das Cleveïtgas hat in seinem spektralen Verhalten so viel Ähnlichkeit mit dem Wasserstoffe, wie das schon längst bekannt ist durch das stets gemeinsame Auftreten der Linie D_3 mit den Wasserstofflinien an allen Stellen der Chromosphäre der Sonne, sowie in den Protuberanzen, dass man neben den Wasserstofflinien an erster Stelle das Auftreten der Spektrallinien des Cleveïtgases erwarten kann. Das linienarme Spektrum dieses Gases ist ganz besonders geeignet, leicht erkannt zu werden.

Ich glaube, dass die nachstehende Einteilung der Sterne der ersten Spektralklasse dem jetzigen Standpunkte der Wissenschaft entsprechen dürfte und für längere Zeit wird gebraucht werden können. Ich bin bei der Aufstellung derselben bestrebt gewesen, mich möglichst der früher von mir gegebenen Einteilung anzuschliessen. Nach dem heutigen Standpunkte dürfte es vielleicht besser erscheinen, die selten vorkommenden Sterne, in deren Spektren die Linien hell sind, an erste Stelle zu setzen, als auf der ersten Stufe der Entwickelung stehend; da aber eine definitive Entscheidung über diese Frage meines Erachtens noch nicht zu treffen ist, habe ich aus formalen Gründen die frühere Reihenfolge beibehalten und diese Sterne wieder in eine dritte Abteilung (c) vereinigt.

Klasse I der Sternspektra. Kontinuierliche Spektra, deren brechbarere Teile, Blau und Violett, durch Intensität besonders auffallen. Die Spektra sind durchsetzt von der ganzen Reihe der Wasserstofflinien, die als dunkle, breite, verwaschene, seltener scharf begrenzte und dann schmälere Absorptionslinien erscheinen und im allgemeinen die ausserdem in den Spektren sich zeigenden Linien anderer Metalle an Intensität erheblich übertreffen.

Ganz selten treten die Wasserstofflinien und Linien anderer Stoffe nicht als Absorptionslinien auf und erscheinen dann als helle Linien auf kontinuierlichem Spektralgrunde.

a) 1. Spektra, in denen nur die Wasserstofflinien als breite, stark entwickelte Linien erscheinen, andere Spektrallinien aber nicht zu erkennen sind.

2. Spektra, in denen neben den Wasserstofflinien noch Linien von anderen Metallen, namentlich von Calcium, Magnesium und Natrium, jedoch keine Linien des Cleveïtgases auftreten. Die Calciumlinie λ 393.4 $\mu\mu$ erscheint in diesen Spektren scharf geschnitten; sie kommt den Linien des Wasserstoffes an Breite nicht gleich. Die Spektrallinien der anderen Metalle sind nur zart und bei Anwendung geringer Zerstreuung schwer zu erkennen.

3. Spektra, in denen die Ca-Linie λ 393.4 $\mu\mu$ von nahe gleicher Intensität mit den Wasserstofflinien erscheint, in seltenen Fällen auch dann noch an den Rändern scharf begrenzt ist, oder breiter und intensiver als die Wasserstofflinien und stark verwaschen mit der durch die Ca-Linie λ 396.9$\mu\mu$ verstärkten und verbreiterten Wasserstofflinie $H\epsilon$ (λ 397.0$\mu\mu$) ein auffallendes Linienpaar bildet. In den Spektren dieser Abteilung sind die Linien des Cleveïtgases nicht zu erkennen; dagegen treten stets zahlreiche und kräftige Linien verschiedener Metalle, besonders auch Eisenlinien auf; die Wasserstofflinien dominieren jedoch immer noch. $H\delta$ tritt unter den Linien deutlich hervor, und die Liniengruppe G ist weniger auffallend als $H\gamma$.

Diese Unterabteilung bildet den direkten Übergang zur Spektralklasse II, bei welcher die Wasserstofflinen gegen die Linien anderer Metalle keine hervorragende Rolle mehr spielen.

b) Spektra, in denen neben den stets dominierenden Wasserstofflinien die Linien des Cleveïtgases, vor allem die Linien von den Wellenlängen 402.6$\mu\mu$, 447.2$\mu\mu$, 501.6$\mu\mu$, und 587.6$\mu\mu$ (D_3) erscheinen. (Die stärkste Linie im Violett, λ 488 9$\mu\mu$, fällt so nahe mit Hζ zusammen, dass sie nicht zur Erkennung des Cleveïtgases in Sternspektren geeignet erscheint.) Ausserdem treten in den Spektren dieser Abteilung mehr oder minder zahlreich die Linien der Spektren von Calcium, Magnesium, Natrium und Eisen auf.

c) 1. Spektra mit hellen Wasserstofflinien.

2. Spektra, in denen ausser den Wasserstofflinien noch die Linien des Cleveïtgases und Linien von Calcium, Magnesium und anderen Metallen hell erscheinen.«

Photographische Aufnahmen des grossen Orionnebels sind von A. Riccò und A. Mascari auf der Sternwarte zu Catania gemacht worden[1]). Die erste wurde bereits im März 1893 mit einem unvollkommenen Instrumente erhalten, dieser folgten im Jahre 1894 vier andere mit vortrefflichen Apparaten und einer Expositionsdauer von 4^h 8^m. Von den erhaltenen Negativen sind vergrösserte Positive im Verhältnisse von 1 : 2 hergestellt worden, und zwar von den Platten, welche 10^m, 30^m, 73^m, 99^m und 248^m lang exponiert gewesen. Die Photographien des grossen Nebels zeigen nun zunächst, dass mit der Zunahme der Expositionszeit von einigen Minuten bis zu einigen Stunden das Bild, welches zuerst nur aus dem mittleren und helleren Teile des Nebels besteht, allmählich sich ausdehnt auf die äusseren, nicht hellen Teile, wo neue Massen und neue Besonderheiten erscheinen; gleichzeitig bemerkt man, dass bei den kurzen Expositionen die Sterne im Nebel und andere Eigentümlichkeiten desselben ziemlich deutlich erscheinen, bei den langen Expositionen hingegen der zentrale Teil gleichmässig wird ohne Abstufungen der Intensität und ohne Unterscheidung der Teile. Von der Photographie mit 4^h 8^m Exposition wurde noch eine stärkere Vergrösserung im Verhältnisse von 1 : 3.4 hergestellt. Eine Vergleichung mit anderen Photographien desselben Objektes ergiebt, dass die Photographie von Catania schärfer und vollständiger ist als die mit neunstündiger Exposition auf der Vatikanischen Sternwarte erhaltene, und sicherlich nicht geringwertiger als die von Roberts mit einer Exposition von 3^h 25^m und fast doppelter Lichtmenge. — Der komplizierte und sehr interessante Nebel um 42 Orionis beginnt auf den Photographien zu erscheinen, welche etwa 1^h exponiert sind, und ist vollkommen bei einer Exposition von etwa $2^1/_2{}^h$, bei Expositionen von $4^1/_2{}^h$ ist er sehr schön und ausgedehnt. Er besteht aus drei bis vier leuchtenden Massen von verschiedener Form, die durch einen dunklen, in Gestalt eines Y verzweigten Kanal getrennt sind; im Süden beobachtet man eine dunkle Mündung; ein wunderbares Netz heller Fäden verbindet die Nebelsterne mit den leuchtenden Massen. In bezug auf diesen Nebel übertreffen die Bilder von Riccò alle früheren. — Riccò vergleicht

[1]) Rendiconti R. Accademia dei Lincei 1895. Ser. V. 4. (1) p. 339.

seine Photographien mit den besten Zeichnungen des Orionnebels und führt die Gründe an, welche die Verschiedenheiten zwischen photographisch aufgenommenen und gezeichneten Bildern ausreichend erklären.

Darin stimmt er mit den Ergebnissen einer früheren Untersuchung von O. Struve überein.

Photographische Aufnahmen des Orionnebels sind auch von William Pickering und anderen Mitarbeitern der Harvard-Sternwarte in Cambridge ausgeführt worden[1]. Die (22) Platten dienten zu einer genauen Untersuchung des Nebels und der in ihm stehenden Sterne, sowie zu einer Vergleichung mit der grossen Arbeit von Bond über den Orionnebel. Veränderungen in der Gestalt des Nebels sind seit 1880, wo Henry Draper die erste photographische Aufnahme desselben machte, nicht nachweisbar, doch haben möglicherweise einige Partien desselben Helligkeitsänderungen erlitten. Eine Aufnahme vom 14. März 1880 an einem 13zölligen Teleskope mit einer Expositionsdauer von 2.6^h zeigte die Grenzen des Nebels so, wie sie von Lassell an seinem vierfüssigen Reflektor auf Malta gesehen wurden. Die schwächsten Sterne auf der Platte sind 15. Grösse. Der kleine Nebel nördlich ist durch eine schwache Nebeligkeit mit dem Hauptnebel verbunden. Was den physischen Zusammenhang des Nebels mit einigen der in ihm sichtbaren Sterne anbelangt, so kann nach W. Pickering darüber kein Zweifel sein, auch wird ein solcher durch das Aussehen der Spektren dieser Sterne bestätigt.

---

[1]) Annales of the Obs. of the Harvard-College 32. Part I.

Geophysik.

1. Allgemeine Eigenschaften der Erde.

Die mögliche Veränderlichkeit der Erdrotation besprach Prof. Deichmüller in der Niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde zu Bonn[1]). Leverrier legte seinen Sonnentafeln eine konstante Rotationsdauer der Erde für alle Zeiten zu grunde. Der Beweis für die letztere Behauptung ist aber noch nicht erbracht. Da die Erde sich in einem viel kälteren Raume bewegt, als sie selbst ist, verliert sie fortwährend Wärme an den Weltraum, wodurch die Oberflächenteile sich der Rotationsaxe nähern, und ihre bisherige Rotationsgeschwindigkeit sich beschleunigt. Wenn nun die Wärmezufuhr von der Sonne jenen Verlust nur so weit ersetzt, dass eine Temperaturabnahme des Erdkörpers von $^1/_{50}{}^0$ Celsius übrig bleibt, so muss sich der mittlere Erdradius schon um einen Meter und die Tageslänge um 0.02 Zeitsekunden verkürzen. Anderseits ist durch das Wandern der von Sonne und Mond hervorgerufenen Flutwelle der Ozeane und ihr Anschlagen an die Ostküsten der Kontinente eine Verzögerung der Erdrotation um 22 Sekunden im Jahrhunderte plausibel; und ebenso wirkt der fortwährende Niederschlag kosmischer Materie auf den Erdkörper, wie er uns durch Meteore und Sternschnuppen in die Erscheinung tritt, verzögernd auf die Erdrotation. Es fällt also der Himmelsmechanik die zweite Hauptaufgabe zu, aus den Bewegungserscheinungen der Gestirne nachzuweisen, in welcher Weise jene die Erdrotation ändernden Ursachen auftreten, oder inwieweit sie sich ausgleichen. Deichmüller zeigte, dass die Darstellung der seit 1750 angestellten 9000 Meridianbeobachtungen der Sonne, welche Leverrier seiner Sonnentheorie zu grunde gelegt hat, keineswegs die Konstanz der Erdrotation nachweist, dass sie vielmehr für Änderungen dieser Grösse einen ziemlich weiten Spielraum offen lässt. Die beste Darstellung der Mondbewegung von Hansen-Newcomb deutet auf ein Zurückbleiben unserer Zeit von 1675—1775 um 49 Zeitsekunden und auf ein Voreilen um 29 Sekunden von 1775—1875. Indessen sind die Ergebnisse eines einzigen Himmelskörpers wegen der Unsicherheit der Störungen in den Bahnelementen (hier der Exzentrizität der Mondbahn durch

---

[1]) Sirius 1895. p. 231.

die Planetenstörungen) nicht einwurfsfrei. Ebenso haben vereinzelte Vergleichungen v. Glasenapp's und Newcomb's von Finsternissen der Jupitertrabanten zu keinem Ergebnisse geführt. Deichmüller weist nun darauf hin, dass die Erforschung des Gesetzes der Erdrotation nur durch eine systematische Beobachtung der Bahnbewegungen der zwanzig Planetensatelliten gelingen wird. Bei dem wahrscheinlich leicht beweglichen Erdinneren werden Massenverschiebungen in bezug auf die Rotationsaxe und damit Änderungen der Rotationsgeschwindigkeit in kurzen Perioden auftreten. Alle jene säkularen und diese periodischen Änderungen müssen sich nun in den zwanzig Satellitenbahnen in derselben Weise und bei den verschiedenen Monden im umgekehrten Verhältnisse der Bahnlänge widerspiegeln. Damit wird es aber möglich, diese Unstetigkeit von anderen Ungleichheiten der Umlaufsbewegung zu trennen. Zur Schaffung des auf Mikrometermessungen zu beschränkenden Beobachtungsmateriales reichen die an den meisten inländischen Sternwarten vorhandenen Refraktoren kaum für die Hälfte der Planetenmonde aus; es müsste eine regelmässige Mitwirkung der mächtigeren ausländischen Teleskope erstrebt werden.

Die internationale Erdmessung. Direktor Helmert machte auf der in Innsbruck abgehaltenen Konferenz der Permanenten Kommission der internationalen Erdmessung Mitteilungen über den Gang der Rechnungen für die grosse europäische Längengradmessung in 52° Breite[1]). Hiernach hat sich ergeben, dass im westlichen Teile des Bogens, zwischen Feaghmain und Warschau, die Lotabweichungen in Länge gegen den angenommenen Nullpunkt (Rauenberg bei Berlin) den Betrag von 10″ nirgendwo erreichten. Aber auch in russischen Teilen des Bogens, wo man früher Abweichungen bis zu 38″ annahm, haben neue Bestimmungen der Längenunterschiede diese Differenzen bis auf weniger als die Hälfte herabgemindert.

Die Bewegung des Nordpoles der Erdaxe hat A. Marcuse aus den in den Jahren 1891—1894 angestellten Polhöhenmessungen abgeleitet[2]). Für die wirkliche Bahn des Poles der Erdaxe, ohne irgend welche Annahmen über die Periodendauer und den Verlauf dieser Axenbewegungen im Erdkörper herzuleiten, konnte von den seit 1889 an zahlreichen Stationen ausgeführten fortlaufenden Beobachtungsreihen der Polhöhe bisher nur eine kleinere Zahl Verwertung finden. Die Messungsreihen aus den Jahren 1889 und 1890 beschränkten sich im allgemeinen auf solche Stationen, welche nur wenige Längengrade voneinander entfernt lagen. Für den Zeitraum Januar-Dezember 1890 hat sich allerdings aus der Übersicht von

[1]) Verhandlungen der vom 5. bis 12. September 1894 in Innsbruck abgehaltenen Konferenz der Permanenten Kommission der internationalen Erdmessung. Berlin 1895.

[2]) Verhandlungen der Permanenten Kommission der internationalen Erdmessung zu Innsbruck 1894. Berlin 1895.

Prof. Albrecht brauchbares Material zur Ableitung der Erdaxenbewegung für die Stationen Pulkowa, Prag, Berlin und Bethlehem (Nord-Amerika) ergeben. Dasselbe konnte aber nicht vor Abschluss vorliegender Untersuchung bearbeitet werden und wird daher erst später, zugleich mit dem bisher noch nicht zugänglichen Materiale von Breitenmessungen, in einer ausführlichen Publikation des Zentralbureaus Berücksichtigung finden. Vom Juni 1891 bis September 1892 dagegen lagen fortlaufende Polhöhenreihen auf sieben Stationen, die sich über etwas mehr als den halben Erdumfang verteilen, fertig berechnet vor. Vom Oktober 1892 bis zum Juli 1894 endlich konnten die Ergebnisse der Messungsreihen von drei Breitenstationen benutzt werden, welche in Länge einen Bogen von etwa 120° umspannen. Es ist erklärlich, dass im Rahmen der bisherigen freiwilligen Kooperation die Verteilung der Stationen keine besonders günstige gewesen ist. Immerhin war es von Interesse, aus dem vorhandenen Beobachtungsmateriale eine Bestimmung der Bahn des Poles der Erdaxe herzuleiten, um über die Form dieser Bewegung hypothesenfreien Aufschluss zu gewinnen, die beim vorliegenden Probleme bereits erreichten oder überhaupt anzustrebenden Genauigkeitsgrenzen kennen zu lernen, und endlich für beliebige Orte stets innerhalb der durch die verwerteten Polhöhenmessungen begrenzten Zeitintervalle, vielleicht brauchbare Ephemeriden für die faktischen Änderungen der astronomischen Breiten, Längen und Azimute herzuleiten.

Verf. zeigt nun näher die Art und Weise seiner Berechnungsmethode, nach welcher die Koordinaten der Punkte der Polkurven, sowie deren Gewichtsbestimmungen erhalten wurden. Es wurden zwei Polkurven abgeleitet, die eine aus sieben Stationen für Juni 1891 bis September 1892, die andere aus drei Stationen für Oktober 1892 bis Juli 1894.

»Die Unsicherheit in der Ableitung der Kurve I aus sieben Stationen ist immer noch etwas grösser als diejenige der Kurve II aus nur drei Stationen. Dies hat seinen Grund einmal in der bei I viel weniger günstigen Verteilung der Stationen mit bezug auf die Längen, dann aber auch darin, dass die Breitenbeobachtungen auf der Station Rockville mit systematischen Fehlern behaftet zu sein scheinen. Wiederholte Versuche, die Polkurve I unter Ausscheidung der Station Rockville und mit verschiedener Kombinierung der übrigen Stationen herzuleiten, haben zu keinem befriedigenden Ergebnisse geführt. Um ein hypothesenfreies Bild der Erdaxenbewegung zu erhalten, sind beide Polkurven getrennt auf einer Tafel gezeichnet worden. Zwischen dem Endpunkte von I, 1. September 1892, und dem Anfangspunkte von II, 20. Oktober 1892, könnte die Lücke in dem Verlaufe der Breitenmessungen nur durch die Beobachtungen der einen Station Strassburg überbrückt werden, ohne dass es dadurch gelänge, den Anschluss beider Kurven in sicherer und eindeutiger Weise festzulegen. Immerhin dürfte es

mehr als wahrscheinlich sein, dass der Anfangspunkt von H etwa um 0.15" nach rechts über dem Endpunkte von I fallen dürfte. Da der unten auf der Tafel angegebene Massstab bei beiden Polkurven derselbe ist, und da ausserdem beide Polkurven in gleicher Weise nach dem Meridiane von Pulkowa orientiert sind, lassen sich unmittelbar einige nicht unwichtige Schlussfolgerungen aus der graphischen Darstellung ziehen.

Zunächst ergiebt sich, dass die Bewegung der Erdaxe für 1891—1894 von West nach Ost im entgegengesetzten Sinne des Uhrzeigers eine elliptisch-spiralförmige gewesen ist, deren Ausschläge, gewissermassen durch allmähliche Dämpfungen, stetig abgenommen haben. Ferner ist es charakteristisch, wie sich sozusagen die Ebene der grössten Schwingungen innerhalb kurzer Zeit gedreht hat. Während nämlich für 1891—1892 die Maximalausschläge der Erdaxe in einer Ebene stattfanden, welche mit dem Pulkowaer Meridiane einen Winkel von 40° (von Osten durch Norden gezählt) bildete, hat sich in den Jahren 1892—1894 die Richtung der Hauptausschläge dieser Bewegung um fast 90° weiter nach Westen gedreht.

Die besprochenen Polkurven enthalten die wesentlichsten Daten für Grösse und Richtung der Polverschiebungen, um daraus für beliebige Orte auf der Erdoberfläche die Änderungen ihrer geographischen Breiten und Längen, sowie der Azimute innerhalb der von den Kurven umfassten Zeiträume herzuleiten.«

Zum Schlusse wird noch erwähnt, dass bei der der Permanenten Kommission der Erdmessung vorgeschlagenen Organisation des Polhöhendienstes durch Errichtung von vier, möglichst symmetrisch in Länge voneinander abstehenden und auf demselben Parallelkreise gelegenen Stationen die Ermittelung der Polverschiebungen sich in besonders günstiger und sicherer Weise gestalten dürfte.

Relative Schwerebestimmungen durch Pendelbeobachtungen sind in den Jahren 1892—1894 durch die österreichische Reichs-Kriegsmarine an den Küsten der Adria und auf transozeanischen Stationen ausgeführt worden. Die Ergebnisse wurden unlängst in einem stattlichen Bande veröffentlicht[1]). Durch diese Arbeiten ist der grösste Teil der Küste und Inseln des Adriatischen Meeres systematisch erforscht, und zum ersten Male erkennt man den wahren, ganz eigentümlichen Verlauf der Schwere daselbst ohne Zuhilfenahme von Vermutungen, lediglich konstruiert auf der sicheren Basis der zahlreichen Beobachtungsergebnisse. Als Ausgangsstation für diese relativen Schweremessungen diente der Beobachtungskeller des k. und k. militärgeographischen Instituts in Wien, für welchen Punkt die absolute Schwerkraft $g_w = 9.808\,76$ m beträgt. Zur Verwendung kam natürlich der Pendelapparat des Systems Sterneck, dessen Beschreibung in obigem Werke gegeben ist. Die von der

[1]) Relative Schwerebestimmungen, ausgeführt durch die k. und k. Kriegsmarine in den Jahren 1892—1894. Wien 1895.

Marinesektion des k. und k. Reichs-Kriegsministeriums angeordneten Messungen an der Adria wurden im Anschlusse an die von seiten des k. und k. militärgeographischen Instituts unter Leitung des Obersten R. v. Sterneck ausgeführten und noch auszuführenden Messungen veranstaltet. Die Untersuchungen geschahen in den Sommermonaten 1893 an der österreichischen, im Sommer 1894 an der italienischen Ostküste, sowie an einigen Orten im Inneren und an der Westküste dieses Königreiches.

Um von der Verteilung der Schwerkraft auf den untersuchten Gebieten ein Bild zu erhalten, wurden die Beobachtungsergebnisse in Karten eingetragen und die Kurven gleicher Schwereabweichung, sowie jene gleicher absoluter Schwerkraft im Meeresniveau gezogen. Tafel III giebt eine verkleinerte Reproduktion der so ermittelten Linien gleicher Schwereabweichung nach den in Rede stehenden Beobachtungen des k. und k. Linienschiffs-Lieutenants Anton Edler von Triulzi. Das Original dieser Karte in obigem Werke enthält noch zahlreiche Einzelangaben. Die Angaben sind in Einheiten der 5. Dezimale von g gegeben. Das Profil AB (Capri-Vieste) zeigt deutlich die Zunahme der Schwere vom Lande gegen das Meer. Die einzelnen Orte auf diesem Durchschnitte sind auf der gebrochenen Linie nach ihrer Höhenlage (gemäss dem Höhenmassstabe links, bis zu 400 *m*) aufgetragen. Die Kurve zeigt die Zu- und Abnahme der Schwere in Hundertsteln des Millimeters von g. Man sieht, dass die kleinste Schwere in der Mitte, nahezu am höchsten Punkte liegt, nach Osten und Westen nimmt sie dann gegen das Meer sehr regelmässig zu. »Der gleichförmige Verlauf der Linie gleicher Schwereabweichung entlang den Küsten und Gebirgen lässt einen Zusammenhang der geologischen Formation mit der Schwerkraft vermuten.

Wie schon zu wiederholten Malen, wurde auch diesmal die Schwere in den Gebirgen verhältnismässig klein, über Tiefebenen und Meeren relativ gross gefunden.

Als Ursache dieser Abweichungen nimmt man Massendefekte und Massenanhäufungen in der Erdkruste nahe der Oberfläche an, durch welche die Grösse der Schwerkraft auf der Erdoberfläche beeinflusst wird. Die Massendefekte wird man sich nicht als wirkliche Hohlräume, sondern als Massen von geringerer Dichte oder lockerer Struktur zu denken haben. Zur Erklärung der geringen Schwere in den Alpen genügt es, dass bis zu einer Tiefe von etwa 200 *km* die Erdschichten eine um wenige Prozente geringere Dichte haben.

Massenanhäufungen kann man sich durch Senkungen entstanden denken; je mehr sich eine Gegend einsenkt, desto dichter werden die Massen zu lagern kommen. Besonders grosse Senkungsgebiete sind die Meere, weshalb wahrscheinlich die Erdschichten unter dem Meeresboden besonders dicht sind, jedenfalls dichter als in gleicher Tiefe unter den Kontinenten. Die Schwerkraft wird mithin auf

ozeanischen Inseln, die etwa durch vulkanische Kraft entstanden sind, besonders gross sein, wie dies auch alle bisherigen Messungen bestätigt haben.

Die Zunahme der Schwerkraft vom Lande gegen die Mitte der Adria ist nicht überall gleich, sondern teilweise von der Zunahme der Tiefe abhängig.

Der regelmässige Verlauf der Kurven wird im südlichen Teile der Adria, bei Curzola, plötzlich gestört. Dieses Gebiet stimmt mit dem magnetischen Störungsgebiete in diesen Gegenden so auffallend überein, dass diese Thatsache zu weiteren Forschungen anregt, die vielleicht einen Zusammenhang zwischen diesen beiden überall wirkenden Naturkräften ergeben werden.

Die Kurven gleicher Schwere laufen, wie aus Tafel III ersichtlich, keineswegs mit den Parallelkreisen zusammen, sondern sie weichen über Gebirge nach Norden, über Tiefebenen und Meeresgebiete nach Süden von ihnen ab.

Als Resultate der Schwereuntersuchungen in der Adria lassen sich folgende Punkte aufstellen:

1. Über Meeresgebieten nimmt die Schwerkraft mit der Abnahme der Bodenerhebung zu.

2. In Gebirgsgegenden ist die Schwerkraft relativ klein, über dem Meere und über Tiefebenen relativ gross.

3. Es scheint, dass zwischen Schwerkraft und Erdmagnetismus ein bisher nicht erforschter Zusammenhang besteht.

4. Die Linien gleicher Schwere weichen über Gebirgsgegenden nach Norden, über Tiefebenen und Meeresbecken nach Süden von den Parallelkreisen ab.

5. Nach der oben erwähnten Theorie wäre die Adria, die Poebene und auch der südliche Teil Italiens eingesunkenes Gebiet.

6. Es scheint, dass das Gebiet normaler Schwere mit den »Stosslinien« zusammenläuft.

Die theoretischen Werte von g sind nach der von Helmert gegebenen Formel: $g_0 = 9.780\ (1 + 0.005\,310 \sin^2 \varphi)$ berechnet, wo φ die geographische Breite des betreffenden Ortes ist. Die nebenstehende Tabelle (S. 107) enthält für eine Anzahl Stationen in Europa die mittels des Sterneck'schen Apparates bestimmten Werte von g.

Relative Schwerebestimmungen im Rheinthale zwischen Bodensee und Basel mit dem v. Sterneck'schen Apparate hat Dr. J. B. Messerschmitt 1893 ausgeführt[1]). Als Vergleichsstation der schweizerischen Messungen wurde die Sternwarte in Zürich genommen, die an Wien angeschlossen ist. Von den 15 Stationen

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3274.

Station	Lokal	Beobachter	Geogr. Breite ° ′ ″	Höhe ü. d. Meere m	Länge d. Sekund.-pendels mm	g in m
Wien	Militärgeographisches Institut (Kellerpfeiler)	Sterneck	48 12 40	183	993.835	9.80876
Wien	Souterrain-Lokale unter dem nördlichen Flügel der Universitäts - Sternwarte. Pfeiler mit Markierung	Oppolzer	48 13 57	236	993.825	9.80866
München	Sternwarte i. Bogenhausen. Ovaler Marmorpfeiler im Meridianssaale	Sterneck	48 5 46	529	993.692	9.80735
Padua	Sternwarte. Fensternische im 1. Stock des massiven Turmes	Sterneck	45 24 3	19	993.628	9.80671
Berlin	Gebäude der Normal-Aichungs-Kommission. Pfeiler im Komparatorsaale	Sterneck	52 30 17	37	994.268	9.81303
Potsdam	Geodätisches Institut. Pfeiler im Pendelsaale	Sterneck	52 22 51	88	994.258	9.81293
Hamburg	Deutsche Sternwarte. Pfeiler im Stiegenhause des magnet. Observatoriums	Sterneck	53 32 49	24	993.367	9.81400
Paris	Sternwarte. Observatoire national. Pfeiler im Pendelsaale.	Sterneck	48 50 11	73	993.923	9 80963
Greenwich	Sternwarte. Pfeiler (Höhe 60 *cm* im Record Room)	Sterneck	51 28 38	48	994.163	9.81200
Kew	Observatory. Ziegelpfeiler mit Schieferplatte im Sextanten - Prüfungszimmer (Souterrain)	Sterneck	51 28 6	5	994.122	9.81160
Strassburg	Universitäts - Sternwarte. Östlicher Pfeiler im westlichen Meridianssaale (Hochparterre)	Sterneck	48 35 1	140	993.876	9.80916
Budapest	Physikalisches Institut der Universität. Souterrain-Lokale unter dem Laboratorium	Křifka	47 29 43	122	993.818	9.80860
Christiania	Sternwarte	Schiötz	59 54 44	28	994.923	9.81950
Edinburgh	Pavillon der Sternwarte Calton Hill (ebener Erde)	Gratzl	55 57 23	104	994.569	9.81600
Mailand	Sternwarte	Lorenzoni	45 27 59	139	993.522	9.80567
Rom	Physikal. Laboratorium der Scuola di Applicazione per gli Ingegneri	Lorenzoni	41 53 36	59	993.316	9.80363

liegen zehn im Rheinthale, die übrigen in geringer Entfernung davon im Jura und Schwarzwalde. Längs des Bodensees findet sich die Schwere kleiner als normal (wie in Tirol), rheinabwärts nähert sie sich allmählich dem normalen Werte, welcher in der Gegend von Säckingen erhalten wird, von dort ab ist sie grösser als der normale Wert, so dass hier (bei Rheinfelden und Basel) ein Massenüberschuss anzunehmen ist. Dies stimmt mit der geologischen Formation überein. Vom Bodensee bis Säckingen gehen die Schwarzwaldmassen; hier beginnt dann eine grosse Verwerfung, bei welcher eine Granitscholle in die Tiefe abgesunken ist, welche westlich vom Werrathale an sich bis gegen Basel erstreckt. In den weiter entfernten Teilen des Jura, wie Lägern, wird die Schwere kleiner als die normale gefunden um einen Betrag, der auf der ganzen schweizerischen Hochebene zwischen Bodensee und Genfersee nahezu gleich ist. Weiter gegen das Gebirge hin wird dagegen, gleichwie in Tirol, ein bedeutend grösserer Unterschied erhalten.

Pendelbeobachtungen in Norwegen. O. Schiötz hat mit dem v. Sterneck'schen Apparate die 1892 begonnenen Schweremessungen im nördlichen Norwegen fortgesetzt [1]) und folgende Ergebnisse erhalten, wobei g^0 die nach Helmert's Formel: $g^0 = 9.780 (1 + 0.005\,310 \sin^2 \varphi)$ berechnete normale Schwerebeschleunigung im Meeresniveau bezeichnet:

Ort	φ	λ (E. G.)	g aus den Beob., a.d. Meeresspiegel reduziert	g^0
Christiania (Sternwarte) .	59° 55'	10° 44'	9.81958	9.81888
Tromsö	69 40	18 57	2596	2566
Bossekop	69 58	23 15	2584	2584
Vadsö	70 4	29 47	2631	2500
Auf Fuglenaes	70 40	23 40	2655	2624
Gjaesvaer	71 6	25 22	2711	2649
Mehavn	71 1	27 47	2713	2544

Änderungen in der Anziehungskraft der Erde will F. M. Pfaff in München beobachtet haben [2]). Der Apparat, dessen er sich bei seinen Beobachtungen bediente, besteht aus einer Spiralfeder und einer Kette, beide aus demselben Stahldrahte gefertigt und in derselben Weise gehärtet und angelassen. Die Feder ist aus einem Stücke gewickelt, hat 598 Umgänge und war, ohne dass sie sich um 0.01 *mm* verändert hätte, seit dem Jahre 1890 mit 1278 *g* belastet und bis auf eine Länge von 1.600 *m* ausgedehnt gewesen. Bei diesen Versuchen dagegen war die Feder nur mit 725 *g* bis zu einer Länge von 1.3 *m* ausgedehnt worden. Feder und Kette

[1]) Schiötz, Resultate der im Sommer 1893 ausgeführten Pendelbeobachtungen. Christiania 1894.

[2]) Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellschaft **46.** p. 769.

hingen so nahe bei einander, dass sie sich nicht berühren konnten. An der Kette hing in einem hufeisenförmig gebogenen Stahlhalter, die der Vorderseite des Spiegels entgegengesetzt eine zweite, jedoch nach oben gerichtete Schneide trug.

Auf diese zweite Schneide legte sich von der Feder aus ein kleiner Arm von oben, wiederum mit einem Achatlager. Der Arm war am unteren Ende der Feder so befestigt, dass er sich gegen leichten Druck, wie ihn das Bewegen des Spiegels erforderte, nur parallel mit sich selbst auf und ab bewegen konnte. Dieses System hing an einer gemeinsamen Kette in zwei Haken, die durch einen starken Eisenstift mit Ring an der Wand aufgehängt war. Der ganze Apparat war mittels Gummistopfen fest in einem Glasrohre eingeschlossen, an dessen unterem erweiterten Teile ein Spiegelglasfenster zur Spiegelablesung eingelassen war. Im untersten Teile des Rohres befand sich zum Trocknen der Luft Chlorcalcium.

Die entgegengesetzten Schneiden, auf denen einerseits die Feder durch den Arm, anderseits der Spiegel aufruhte, hatten voneinander eine Entfernung von 1 *mm*. Die Ablesung geschah mittels eines Fernrohres, das noch erlaubte, $^1/_2$ *mm* deutlich abzulesen. Die Skala war in der üblichen Weise neben dem Fernrohre angebracht und in einzelne Millimeter geteilt.

Die Beobachtungen wurden in den Monaten Februar und März 1894 zu Freiburg i. B. angestellt, nachdem der Apparat in einem in Gneiss gehauenen Keller aufgestellt worden, dessen Umgebung keinerlei Erschütterungen ausgesetzt ist. Verf. giebt nur einige Beobachtungen, er findet den Gang des Apparates völlig unbeeinflusst vom Thermometer- und Barometerstande, ebenso von der Feuchtigkeit. Er hält dafür, dass die angezeigten Schwankungen allein auf die Anziehung der Sonne und des Mondes zurückzuführen sind, abgesehen von gelegentlichen Störungen durch Bewegungen im Gebirge, welche den Boden auf weite Strecken hin beunruhigen.

Der Zustand des Erdinneren. A. C. Lane stellt[1]) die (nicht mehr neue) Hypothese auf, dass das Erdinnere flüssig und mit Gasen gesättigt, aber durch den ungeheuern, darauf lastenden Druck erstarrt sei. Vulkanische Eruptionen treten ein, wenn die Gase längs der Wände von sehr tief setzenden Spalten entweichen. Ob aber solche Spalten, wo das Gestein bei aufgehobenem Drucke schmelzflüssig wird, möglich sind, bleibt fraglich. Nach den Versuchen von Kick müssen die Gesteinsmassen schon in 8000 *m* Tiefe plastisch werden, also lange vor Erreichung des Schmelzflusses, was allerdings die Möglichkeit so tief niedersetzender Spalten, wie Lane annimmt, ausschliesst.

---

[1]) Bull. Geolog. Soc. of America **5.** p. 259 u. ff.

2. Oberflächengestaltung.

Das Areal der Landflächen nach Zonen hat Professor Hermann Wagner neu ausgemessen [1]. Die Ergebnisse dieser Bestimmung sind folgende:

	Zone	Landfläche *qkm*	Wasserfläche *qkm*	Prozente Land	Prozente Wasser
N.	80—90	[1000]	[2908]	[25]	[75]
	70—80	3343	8252	28.8	71.2
	60—70	13491	5414	71.4	28.6
	50—60	14582	11024	56.9	43.1
	40—50	16485	15011	52.3	47.7
	30—40	15581	20823	42.8	57.2
	20—30	15122	25076	37.6	62.4
	10—20	11249	31530	26.3	73.7
	0—10	10049	34036	22.8	77.2
S.	0—10	10431	33654	23.6	76.4
	10—20	9437	33342	22.1	77.9
	20—30	9311	30887	23.1	76.9
	30—40	4167	32237	11.4	88.6
	40—50	996	30500	3.2	96.8
	50—60	205	25401	0.8	99.2
	60—70	1000	[17905]	[5]	[95]
	70—80 } 80—90 }	[8000]	[7503]	[50]	[50]
oder:					
N.	0—90	100902	154073	39.6	60.4
S.	0—90	43547	211428	17.1	82.9
	Summe:	144449	365501	28.3	71.7

Die beiden letzten Zahlen würden also das Verhältnis von Landfläche zu Wasserfläche auf der Erde angeben.

Ohne die hypothetischen Gebiete der Arktis (619000 *qkm*) und ohne die Landflächen südlich von 60° (beide in der Tabelle eingeklammert) gelangt man zu 134877000 *qkm* für die bekannte Landfläche der Erde.

Die Morphologie der Erdoberfläche besprach Prof. A. Penck [2]. Dieselbe hat es mit Formen zu thun, welche steten Veränderungen unterliegen. Ihre Aufgabe ist daher keine stereometrische, sondern im wesentlichen eine genetische.

Die Veränderungen der Formen der Erdoberfläche erfolgen:

1. Durch Wegnahme von Material: Erosion;
   a) an Stellen grösster Kraftentfaltung: echte Erosion;
   b) an Stellen geringsten Widerstandes: Denudation;

---

[1] Nachr. der Kgl. Ges. d. Wiss. zu Göttingen. Mathem.-phys. Klasse 1895. **1.**

[2] Sechster internationaler Geographen-Kongress zu London 1895. B. Nr. 2. Gaea 1895. p. 648.

2. Durch Zufuhr von Material: Akkumulation
3. Durch Verschiebung der Erdkruste: Dislokation
   a) durch Verwerfung;
   b) durch Faltung.

Die Wirkungen dieser Veränderungen, welche Prof. Penck eingehend bespricht, bestehen in folgenden:

1. a) In der Entwickelung neuer Flächenteile auf Kosten oder zwischen älteren;
   b) in Anlehnung an bestehende Flächen.
2. In der Vernichtung bestehender Flächen durch Zerstörung oder Überdeckung.
3. In der Umstellung bestehender Flächenteile, so dass sie eine veränderte Bedeutung erhalten. (Transformation einer Ebene im Berggehänge durch Faltung.)

Jedes neu gebildete oder transformierte Flächenstück trägt den Stempel seiner Entstehung. Das durch Erosion gebildete verläuft unabhängig von der ursprünglichen Oberfläche und steht ausser direkter Beziehung zur Struktur der Erdkruste. Dagegen befindet es sich vielfach in Abhängigkeit von deren petrographischer Zusammensetzung und kann vermöge derselben an gewisse Strukturflächen sekundär geknüpft werden. Die Akkumulationsflächen begrenzen Teile, welche durch ihre Zusammensetzung leicht kenntlich sind. Die Dislokationsflächen stehen in innigster Abhängigkeit zur Struktur der Erdkruste. Das Verhältnis zwischen äusserer Gestalt und innerer Zusammensetzung eines Krustenteiles hellt die Entstehung der ersteren auf. Geomorphologie und Geologie stehen in innigster Beziehung.

Verfolgt man die morphologischen Veränderungen eines bestimmten Gebietes, so kann man vielfach eine Reihe der verschiedenartigsten Entwickelungsstadien erkennen, die in bestimmter Weise aufeinander folgen. Dieselben ermöglichen den Vergleich verschiedener Gebiete miteinander nach der Art der Taxonomie in der Biomorphologie. Jugendliche Erosionsgebiete zeigen z. B. Thäler am Orte der grössten Kraftentfaltung, ältere Erosionsgebiete dagegen solche an Stelle wenig widerstandsfähiger Gesteine. Also kann man verschiedene homotaxe Formen in ein und demselben Gebiete sondern.

Alle Formen der Erdoberfläche können auf verhältnismässig wenige Grundformen zurückgeführt werden, die ihrerseits durch gesetzmässige Gruppierung von Formelementen einfachster Art zusammengesetzt werden. Der Typus des Formelementes ist eine Fläche, die unter einem Winkel von weniger als 90° gegen den Horizont geneigt ist. Überhängende Flächen kommen nur in minimaler Ausdehnung vor. Die Grundformen sind:

1. Die nahezu horizontale Fläche: die Ebene.
2. Die mehr oder weniger steil ansteigende Fläche von beschränkter Vertikal-, aber grosser Horizontalausdehnung: die Stufe.
3. Zwei einander zugewandte, mehr oder weniger steil abfallende Flächen (Gehänge), getrennt durch eine sich konstant senkende ebene Fläche: das Thal.
4. Eine von einer bestimmten Stelle ringsum abfallende Fläche: der Berg.
5. Eine nach einer bestimmten Stelle ringsum abfallende Fläche: die Wanne.
6. Eine sich einstülpende Fläche: die Höhle.

Die sechs Grundformen treten in der Regel gesellig auf, und zwar derart, dass sowohl ein und dieselbe Form auf einem Gebiete herrscht, wie z. B. Thäler, als auch dass verschiedene Formen regelmässig nebeneinander vorkommen. So verknüpft sich die Stufe notwendigerweise mit der vor ihr liegenden Ebene, so vereinigen sich nicht selten Berge und Wannen, Wannen und Höhlen. Solche Formengesellschaften bilden eine morphologische Einheit höherer Ordnung als die blossen Grundformen, die ihrerseits schon als Aggregate des Gebildes der niedersten Ordnung, des Elementes, erscheinen. Eine weitere Gruppe höherer Ordnung ist dadurch gekennzeichnet, dass ausgedehnte Teile der Erdoberfläche, wie z. B. Gebirge, übereinstimmende Höhenlage haben und sich dadurch vor anderen absetzen, so zwar, dass die zwischen hoch gelegenen Partien befindlichen tiefer gelegenen nicht in der Regel als Konkavitäten, sondern nur als minder konvexe Teile der Erdoberfläche erscheinen. Auch derartige Individualitäten vereinigen sich zu solcher höheren Ordnung, wie Gebirgsvorland und Gebirge, wie verschiedene Gebirge. Endlich treten als Individualitäten höchster Ordnung die zusammenhängenden hochgelegenen Krustenteile entgegen, welche sich als Kontinentalblock der abyssischen Tiefe gegenüberstellen. So erhalten wir im ganzen sechs Ordnungen geomorphologischer Individualitäten, welche zugleich Grössenordnungen darstellen. Diese sind:

1. Das Formelement.
2. Die Grundform.
3. Die Formengruppe oder Landschaft.
4. Das ausgedehnte gleichhohe Gebiet: Raum.
5. Die Gruppe von Räumen: System.
6. Der Kontinentalblock und die abyssische Tiefe.

Die Gestalten der 1. bis 3. Ordnung werden vielfach als kleine, den übrigen, grossen Formen gegenübergestellt.

Zwischen den Formen und den auf der Erde wirkenden Veränderungen besteht lediglich die eine Beziehung, dass die grossen



Punta Spadillo (Lava Khagiar).



Ed. Hch. Mayer's Vlg. Leipzig. Jahrbuch VI. 1895. Tafel III.

Strand auf Pantelleria

im Hintergr. Pta di Fram (Lava Gelkamar).

Formen fast ausnahmslos durch Dislokation von Krustenteilen entstanden, während die kleinen Formen auf dem verschiedensten Wege entstanden. Folgende Tabelle (p. 116 u. 117) giebt darüber Auskunft.

Man ersieht aus dieser Zusammenstellung, dass ein und dieselbe Grundform durch Erosion, Akkumulation und Dislokation entstehen kann, dass also jede dieser drei Veränderungen die sechs Formentypen zu bilden vermag. Eine Ausnahme besteht lediglich darin, dass die Dislokation praktisch keine Ebenen bildet.

Nennen wir nun homoplastisch die einzelnen gleich gestalteten Grundformen, ferner homogenetisch die gleich entstandenen Grundformen, so ergeben sich folgende vier Beziehungen, welche verschiedene Benennungen erheischen:

Homoplastische-homogenetische Formen: homonyme Formen;
Homoplastische-heterogenetische Formen: analoge Formen;
Heteroplastische-homogenetische Formen: homologe Formen;
Heteroplastische-heterogenetische Formen: differente Formen.

Die systematische Morphologie hat nun, wie jedwede Systematik, die Endaufgabe, gleich Entstandenes in natürliche Familien zu bringen. Zu dem Ende wird sie danach trachten, alle homogenetischen Formen ohne Rücksicht auf ihre äussere Gestalt zu Familien zu vereinigen. Dieses unbestrittene Endziel kann aber nur erreicht werden, wenn eine genaue Kenntnis aller Formen vorliegt. Nun kennt man aber bisher nur einen sehr kleinen Teil der Erdoberfläche so genau, dass man eine genetische Klassifikation seiner Formen versuchen konnte. Es wäre daher verfrüht, das wirklich Anschauliche, nämlich die Formen — mögen sie nun homogenetisch oder heterogenetisch sein — aus dem Vordergrunde der Systematik zu rücken. Die Aufgaben derselben bestehen zunächst auch darin, die einzelnen Formen zu benennen und in bezug auf ihre Entstehung zu untersuchen. Dabei kann die Namengebung schon auf genetische Verhältnisse Rücksicht nehmen. In dieser bleibt noch ausserordentlich viel zu thun. Stellt sich doch heraus, dass trotz der Fülle orographischer Beziehungen, welche jede Sprache besitzt, die Nomenklatur für die Grundformen noch zu schaffen war oder zu schaffen ist. Existiert doch in keiner Sprache eine eindeutige Benennung für die fünfte Grundform; sie wird im Deutschen gewöhnlich Becken genannt, aber was heisst sonst noch Becken! Man spricht von Strombecken, Thalbecken, See- und Meeresbecken, von Kohlenbecken u. s. w. Ganz ebenso verhält es sich mit englischem basin, dem französischen bassin. Ferner zeigt sich, dass die Nomenklatur der Formenindividualitäten, der Grössenkategorien noch zu schaffen ist, denn es ist gänzlich unzulässig, Formen der verschiedensten Kategorien gleichmässig zu benennen, wie dies geschieht, indem man so verschiedene Dinge, wie das Thal eines Flusses, die grosse kalifornische Senke und den atlantischen Ozean als »Thal« bezeichnet.

Die genetischen Verhältnisse

Grundform	Erosion	
	Echte Erosion	Denudation
Ebene	littoraler E. / fluviatiler E. } Abrasion	subaëriler Den.
Stufe	littoraler E. (Kliff) / fluviatiler	subaëriler D. (Schichtstufe)
Thal	fluviatiler (Normal-Th.)	subaëriler D. (Schichtthal)
Berg	fluviatiler E. (Kamm)	subaëriler D. (Schichtkamm)
Wanne	subaëriler E. } Kolke: Doline äolischer E. } Kolke: Wind-Kolk fluviatiler E. } Kolke: Fluss-Kolk glazialer E. } Kolke: Gletscher-Kolk mariner E. } Kolke: Gezeiten-Kolk vulkanischer E. Explosionskrater	äolischer D. / glazialer D. } (Ausräumung)
Höhle	fluviatiler E.	subaëriler D. (Ausbruch u. Abbruch)

Die erste Anforderung an die geomorphologische Nomenklatur ist daher eine einheitliche eindeutige Benennung der Grundformen und der Formenkategorien.

Ist diese Aufgabe erledigt, so muss eine spezielle Nomenklatur innerhalb einer jeden Grundform oder Formenkategorie versucht werden. Jede Grundform, mit Ausnahme der Ebenen, umfasst drei Gruppen homogenetischer Gebilde, die ihrerseits nach den speziellen Arten von Erosion, Akkumulation und Dislokation in verschiedene Unterabteilungen zerfallen. Es empfiehlt sich deswegen, zusammengesetzte Namen zu wählen. Benennt man die homogenetischen Glieder jeder Grundform nach ihrer Entstehungsursache, so kann man durch einen Doppelnamen, aus zwei Substantiven zusammengesetzt, wie z. B. Akkumulationsebenen, Dislokationsberge, ihre plastischen und genetischen Beziehungen ausdrücken. Durch Hinzu-

der sechs geormorphologischen Grundformen.

Akkumulation	Dislokation	
	Verwerfung	Faltung
äolischer Akk. (Löss-E.) fluviatiler Akk. (Strom-E.) lakustrer Akk. mariner Akk. (Küsten-E.) (Meeresgrund) organischer Akk. (Moore)		
subaëriler Akk. (Schutthalde) fluviatiler Akk. (Deltahang) lacustrer Akk. (Seehalden) mariner Akk. (Meerhalden)	Bruch-Stufe	Flexur-Stufe
äolischer Akk. } glazialer Akk. } vulkanischer Akk } organischer Akk. } Umschüttung: Dünen-Th., Moränen-Th., Riff-Th.	Graben-Th. Monoklinal-Th.	Synklinal-Th.
äolischer Akk. (Dünen) fluviatiler Akk. (Haufen) glazialer Akk. (Moränen) mariner Akk. (Bänke) vulkanischer Akk. (Vulkane)	Horst-Berg	Antiklinal-B.
Umschüttung und Abdämmung subaëriler Akk. äolischer Akk. fluviatiler Akk. glazialer Akk. littoraler Akk. vulkanischer Akk. organischer Akk. } Umschüttung und Abdämmung	Monoklinal-W. Graben-W.	Synklinal-W.
thermaler Akk. (Sinter-H.) vulkanischer Akk. (Lava-H.)	Verwerfungs-H.	Faltgshöhle

fügung eines dritten Wortes, eines Adjektivum, kann man noch die nähere Art der Entstehung bezeichnen, Ebenen mariner Akkumulation, Wannen äolischer Erosion. Durch ein viertes Wort, ein Adjektivum zum ersten Substantive, kann endlich noch die taxonome Stellung des Gebildes ausgedrückt werden: z. B. alterndes Thal fluviatiler Erosion.

Die zweite Anforderung an die geomorphologische Nomenklatur ist daher, durch Wortkombinationen bestimmte genetisch einheitliche Formen zu benennen.

Diese Art der Benennung bietet den grossen Vorteil, dass sie jedes Gebilde scharf nach dem jeweiligen Stande unserer Kenntnis zu definieren ermöglicht. Sie weist den Formen ihren Platz sowohl im genetischen wie im praktischen Systeme an. Allerdings teilt sie mit der ähnlichen chemischen Nomenklatur den Nachteil, schleppend zu sein, und wie in der Chemie für häufiger benutzte Verbindungen

einfachere Namen in Gebrauch bleiben, so wird auch in der Geomorphologie der Gebrauch einfacher Namen nicht verschwinden. Man wird stets vorziehen, für Berge äolischer Akkumulation Dünen, für solche glazialer Akkumulation Moränen zu sagen. Nur wird es sich empfehlen, derartige Bezeichnungen streng in engem Sinne zu gebrauchen, und nicht, wie es geschehen, beliebige Hügel als Dünen zu benennen.

Die dritte Anforderung an eine geomorphologische Nomenklatur ist, den Gebrauch von Spezialnamen auf Gebilde gleicher Entstehung zu beschränken.

Geographische Homologien an den Küsten behandelte P. Güttner[1]). Geographische Homologie nennt man, nach dem Vorgange von Agassiz, die gleichen Formen der Erdoberfläche, die durch gleiche Wirkung gleicher Kräfte entstanden sind.

Verf. betrachtet hauptsächlich die Schwemmlandküsten. Er bespricht zuerst die homologen Formen der Küsten, die entstanden sind unter wesentlicher Beteiligung der anorganischen Natur: 1. Beteiligung von Wasser in fester Form; a. Fjorde, b. Eisfussküsten. Hauptsächlich sind an der Bildung dieser Homologie die steilen Küsten harten Gesteins beteiligt, welche dem Eise einen festen Halt zu geben vermögen. Besonders schön ausgebildet findet sich die Eisfussküste in Grönland. 2. Beteiligung von Wasser in flüssiger Form. In diese Klasse der Homologien gehören die meisten der sogenannten Steilküstenformen, die ja im allgemeinen zugleich Küsten aus hartem Gesteine sind. Von den unendlich vielen Faktoren, die bei der Ausgestaltung der Steilküste am Meere mitwirken, sind, neben dem inneren Baue des Küstengebirges, die Art seines Herantretens an das Meer und die Beteiligung der Kräfte des Erdinneren die bedeutendsten. a. Keine Beteiligung der Kräfte des Erdinneren. α. Die halbkreisförmig aufgeschlossene Steilküste. Bietet die Küste dem Meere ihre Breitseite dar, d. h. ziehen ihre Ketten wesentlich parallel zur Küste, so hat das Meer schwere Arbeit, und nur allmählich gelingt es der Welle, Buchten in das Ufer einzugraben. Diese Küste ist meist unzugänglich, und ihr Formenwechsel gering. Leichter vollzieht sich die Aushöhlung der bogenförmigen Buchten, wenn Nebenumstände, wie Flussmündungen und Thalsenkungen sie begünstigen. So entsteht die halbkreisförmig aufgeschlossene Steilküste. Ein gutes Beispiel für diese Küstenhomologie bietet uns die Küste Nordafrikas von Gibraltar bis Tunis, wo, von nördlichen Winden gejagt, die Welle in heftiger Brandung gegen das Ufer schlägt. β. Die Riasküste. Tritt das Gebirge mit seiner Schmalseite an das Meer heran, d. h. stehen seine Ketten senkrecht gegen den Zug der Küste, so hat die Meereswelle grossen Erfolg,

---

[1]) Mitt. d. Vereins f. Erdkunde in Leipzig 1894. p. 39 u. ff.

und weit dringt sie in die Thäler ein, deren leichtere Schuttbedeckung ein Raub der Wellen wird. So entsteht der Riastypus Richthofens.

Die Unterschiede in der Entstehung, wie in der äusseren Form zeigen, dass Rias- und Fjordküsten wohl einander in gewisser Beziehung ähneln, doch weit davon entfernt sind, homologe Formen darzustellen.

Riasküsten finden sich von der Südküste Griechenlands bis zum Schwarzen Meere, an der NW-Seite Spaniens, der Bretagne, im südlichen China, vor allem auch an der Westseite Kleinasiens.

b. Momentane Beteiligung der Kräfte des Erdinneren. α. Die Einwirkung der Kräfte des Erdinneren. Es ist eine oft erwiesene Thatsache, dass an weiten Küstenstrecken sowohl, wie in einzelnen engen Bezirken sich das Niveau des Meeres gegen das Land bedeutend verschoben hat und noch verschiebt. Suess hat die neutralen Namen positive und negative Strandverschiebung eingeführt. Er versteht unter positiver Strandverschiebung das Untertauchen des Landes unter den Meeresspiegel. Negative Strandverschiebung nennt er das Zurückweichen des Meeres von ehemals von ihm bedeckten Länderstrecken.

Dass eine negative Strandverschiebung stattfand, erkennt man an den Strandlinien, an Bohrmuschellöchern oder Seetierresten, oft auch an alten Hafenbauten, die jetzt weit ab vom Meere gelegen sind. Zeichen der positiven Strandverschiebung ist das Untertauchen alter Bauten, Strassen u. s. w. unter das Meeresniveau.

Die Ursachen solcher Strandverschiebung sind das langsame Schwanken der Kontinente infolge der Abkühlung der Erde oder infolge ihrer wechselnden Belastung durch Schwemmlandbildung. Ferner tragen vulkanische Ausbrüche, Erdbeben, Zusammenstürze und Einsinken von Schlammmassen zur Strandverschiebung bei.

α. Kraterbuchten. Durch die momentane Mitwirkung der Kräfte des Erdinneren, wie bei vulkanischen Ausbrüchen, geschieht es häufig, dass die Kraterwände teilweise zertrümmert werden. Wird nun durch positive Strandverschiebung dem Meere Gelegenheit verschafft, solche Kraterkessel auszufüllen, so entsteht die Homologie der Kraterbuchten, wie sie die Bucht von Neapel und andere mittelmeerische Buchten zeigen. Der Santorinarchipel ist ein solcher vielfach zertrümmerter Kraterrand, der fast völlig vom Meere überflutet wird.

c. Andauernde Beteiligung der Kräfte des Erdinneren. α. Dalmatinischer Typus. Anders steht es, wenn jene Schwankungen sich langsam vollziehen. Eine Küstenform, die unzweifelhaft jenen ihre Entstehung verdankt, ist die vom dalmatinischen Typus.

Langsam vollzog sich hier eine positive Strandverschiebung, und das Meer drang in die der Küste parallelstreichenden Thäler der Alpenausläufer Dalmatiens ein. Es hat hier, verbunden mit dem Festlandwasser, die Humusdecke weggespült und die festeren Kernbestandteile der Ketten herauspräpariert. So entstanden jene langen,

schmalen, steilufrigen Inseln und Halbinseln, jene langen und schmalen Strassen und Busen, die bei flüchtiger Betrachtung den Fjordbildungen ähnlich erscheinen. Eine geographische Analogie zeigen allerdings Fjordbildungen und die vom dalmatinischen Typus, doch eine geographische Homologie bilden sie nicht.

β. Limanküste. Auch die Limanküste ist durch die positive Strandverschiebung erzeugt. Durch diese gelangte das Niveau des Meeres in eine gewisse Höhe über seinen ehemaligen Stand. Demzufolge zeigt das Land einen Küstenumriss, welcher, durch die Bodenbeschaffenheit jenes Landes bedingt, die Form einer Isohypse annahm, welche dem nunmehrigen Stande des Meeresniveaus entspricht. Doch die schärfer einschneidenden Buchten füllten sich bald vom Hintergrunde aus mit den Sedimenten der Flüsse an, und bei gezeitenlosen Meeren rücken jene Schwemmlandbildungen dem Ausgange immer näher und näher, bis das ehemalige Thal von Schutt und Schlamm erfüllt, völlig verschwunden ist. Typisch ist hierfür die Nordküste des Schwarzen Meeres. Die gezeitenstarke offene See aber hält jene trichterförmigen Flussmündungen offen und bildet so die Homologie der Ästuarien.

γ. Abrasionsküste. Wirkt die Brandung stark auf eine Steilküste ein, und erfolgt ihre Abrasion bis zur Höhe der grössten Kraftentfaltung der Welle, so entsteht ein schmaler Abrasionsrand. Geht nun eine langsame, positive Strandverschiebung vor sich, so dass die Brandung beständig Zeit hat, ihre abradierende Arbeit zu vollenden, so ergiebt sich nach und nach eine sanft ins Meer abfallende schiefe Ebene.

Homologe Formen der Küsten, die unter wesentlicher Beteiligung von weichem Gesteine und Wasser entstanden sind, sind sehr vergänglich (Helgoland, Rügen). Verf. behandelt nun noch solche Formen, die unter wesentlicher Beteiligung von Trümmermaterial und Wasser entstanden, also von Material, das von weit her, oft aus dem Inneren des Landes, stammt. Es sind dies die Küsten von Trümmermaterial. Im geringsten Masse trägt zur Umgestaltung der Küste die Lebewelt bei, dennoch verdankt manches Stück des festen Landes seine Befestigung, ja selbst seine Entstehung ihrer Hilfe. Im zweiten Teile behandelt Verf. die Bogenformen der Schwemmlandküsten und stellt auf Grund von Messungen an Karten eine grössere Anzahl solcher Bogenformen zusammen. Hierbei führt er den Begriff »Einbuchtungsindex« ein; letzterer ist der Kosinus des halben Zentriwinkels des der Bucht eingeschriebenen Kreisbogens. Der Halbkreis hat den Einbuchtungsindex Null, d. h. der Mittelpunkt liegt auf der Sehne; überschreitet die Einbuchtung den Halbkreis, so wird der Index negativ. Aus der 436 Nummern enthaltenden Tabelle geht hervor, dass Buchten von negativem Index nur in geschützten Lagen zu finden sind, im Hintergrunde grösserer Sunde und Baien, an Küstenstrecken, die durch vorgelagerte Inselketten gedeckt sind u. s. w. »Zum völlig geschlossenen Kreise

ausgebildet, finden sich kleine Lagunenseen als Endprodukt der stetig fortschreitenden Schlammablagerung. Lagunenseen überhaupt sind zu den Charaktereigentümlichkeiten der Schwemmlandküsten zu zählen. Auch bei den Fjordbildungen gehören Seen zur typischen Landschaft.

Die Fjordküsten sind gebunden an die klimatische Zone ehemaliger Gletscherregionen, die Schwemmlandküsten sind am breitesten entwickelt in Gebieten reicher Niederschläge. Jene tragen typische Spuren als ehemalige Gletschermulden, in dem festen Gesteine scharf und mit ungeheurer Gewalt eingegraben, die Gletscherschliffe und Seebecken im Hintergrunde. Anders die Schwemmlandküsten. Auch ihnen verleihen Seen ein eigentümliches Gepräge. Um in einem Bilde zu sprechen, möchte Verf. die Fjordseen mit Perlen vergleichen, die auf eine senkrecht gegen den Küstensaum gesteckte Nadel, die Längsaxe der Bucht, aufgereiht sind, während die Seen des Schwemmlandes gleich Perlenschnuren dem Küstensaume entlang sich schlingen. Parallel, wie mit dem Lineale gezogen, liegen die Fjorde nebeneinander. Auch die Formen der Schwemmlandküste tragen gewissermassen einen Parallelismus an sich, denn konzentrischen Kreisen ähnlich lagert sich eine Anschwemmungswelle hinter die andere, und oft ahmen noch weit ins Meer hinaus die Isobathen den Zug der Küste nach, wie es z. B. im Golfe von Mexiko charakteristisch auftritt. Auch eines Analogons zu jenen, die Buchtenküste ins Meer fortsetzenden Inselketten der Fjorde entbehrt die Schwemmlandküste nicht, nur dass hier der Parallelismus sich wieder in Konzentrizität verwandelt und Reihen von Inselvorlagerungen bildet, die in schönen Kurven den Zug der Küste begleiten. Auch das gesellige Auftreten ist nicht allein den Fjorden typisch, auch die Schwemmlandküste darf Anspruch auf diese Charaktereigentümlichkeit erheben. Entsendet doch ein regenreiches Gebiet selten nur einen schlammreichen Fluss, und ist ein jeder derselben doch geeignet, Schwemmlandküste zu bilden. Sogar bis in die Rudimente hinein lässt sich die Analogie verfolgen, fehlen doch beide Gebilde selbst den Binnenseen nicht. Die grossen kanadischen Seen, das Binnenmeer Nordamerikas, trägt unverkennbare Spuren der Fjordbildung, und unser Mittelmeer die reich entwickelten Schwemmlandbildungen des Nil, Po, der Rhone und Donau u. s. w., und der Kaspisee hat die ausgezeichneten Schwemmlandbildungen der Wolga. Sowohl bei der Fjord-, als auch bei der Schwemmlandbildung wirkt das Meer als ergänzender Faktor. Bei enen trägt es dazu bei, den steilen, aufstrebenden Charakter recht augenfällig zu machen, bei diesen schafft es die langgezogenen, glatten, flachen Bogen und geraden Küstenlinien. Bei jenen ist das Meer in vertikalem Sinne durch die Bodenschwelle vom Becken des Fjordes getrennt, diese schliessen durch horizontal sich erstreckende Bänke, Nehrungen und Inselketten, Becken vom Meere ab.

Fassen wir die Charaktereigentümlichkeiten des Schwemmlandes zusammen: Die Schwemmlandküste ist ein an regenreiche Zonen

gebundenes, gemeinsames Gebilde der Flüsse und des Meeres. Lang hingezogene, glatte Küsten, von der Geraden bis zum geschlossenen Kreise sich krümmende Kurven umsäumen das Schwemmland. Typisch sind ihnen die parallel mit der Küste verlaufenden Ketten der Lagunenseen und der vorgelagerten Inseln, der meist gleichmässig zur Tiefe des offenen Ozeans sich abdachende Strand, der den Isobathen den Charakter einer Nachbildung des Küstenzuges verleiht. Teilweise abgeschlossene Buchten beleben den einförmigen Zug der Küste, unterstützt durch die vorgeschobenen Deltabildungen der Flüsse.«

Die Bildung und der innere Bau der Dünen sind Gegenstand einer wichtigen Publikation von N. A. Sokolów[1]). Die Dünen — nach E. Reclus ein Wort keltischen Ursprunges, mit welchem Berge und steile Hügel bezeichnet werden — sind bekanntlich vom Winde zusammengetragene Sandhaufen. Der Sand entsteht durch die Zerstörung fester Gesteine. Durch Verwitterung wird er auf dem festen Lande erzeugt, Ströme lagern ihn, bei der unausgesetzten Thalbildung selbst zerstörend und zerkleinernd thätig, an den Ufern und Mündungen ab und führen ihn offenen und geschlossenen Meeren zu, wo er mit dem durch die Brandung und Unterwaschung erzeugten Sande von den Wellen auf den Strand geworfen wird. In den Wüsten wird die in unseren Breiten im allgemeinen durch Wasser und Eis bewirkte Verwitterung zum Teile durch Zersprengung der Steine infolge der kolossalen Temperaturdifferenzen bei Tage und bei Nacht und durch die ausdehnende Kraft in Spalten auskrystallisierender Salze ersetzt, wie es hauptsächlich Professor Joh. Walter beschrieben hat; und ferner wirkt dort der fliegende Sand scheuernd und abtragend auf die grösseren Felsen.

Längst nicht überall, wo Sand ist, bilden sich Dünen. Welches sind daher die Bedingungen, unter denen der vorhandene Sand zu Dünen aufgeworfen wird? — Vor allem muss der Sand locker sein. »Auf thonige Gesteine wirkt der Wind merklich nur in Wüsten, bei äusserster Trockenheit des Klimas, weil nur unter diesen Bedingungen die Thonteilchen die Kohärenz, welche bei der geringsten Feuchtigkeit zum Vorscheine kommt und der Einwirkung des Windes Widerstand leistet, einbüssen. Aber auch bei dem Sande, dem geeignetsten Materiale für den Transport, ist die Wirkung des Windes keine unbeschränkte. Auf feuchten Sand ist der stärkste Wind unwirksam. . . . Das Wasser, welches im feuchten Sande die Zwischenräume zwischen den Körnern ausfüllt und diese selbst umhüllt, bindet sie so fest aneinander, dass selbst der stärkste Wind ausser stande ist, ein Sandkorn von dem von ihm eingenommenen Platze wegzublasen; auch trocknet der Sand umso schwerer, je feiner er

[1]) Die Dünen. Von N. A. Sokolów. Deutsch von A. Arzruni. Berlin 1894.

ist, infolge seiner grösseren Kapillarität. Bereits eine kleine Beimengung von Thon verleiht dem Sande die Fähigkeit, die Feuchtigkeit zurückzuhalten, so dass an den Meeresküsten, an denen Regenfälle häufig sind, und auch die Luft stets etwas feucht ist, ein solcher Sand niemals vollständig trocknet, und der Wind ohne Einfluss auf ihn bleibt. So häuft sich an der Bucht von St. Michel der Sand nicht zu Dünen, trotz der grossen Massen, in welchen er vom Meere angeschwemmt wird, und trotz der für starke Seewinde günstigen offenen Lage der Küste. Elie de Beaumont, welcher durch die Abwesenheit von Dünen an dieser zu ihrer Bildung sonst ausserordentlich begünstigten Küste überrascht war, fand dafür die richtige Erklärung in dem aus den benachbarten Ablagerungen herrührenden Thongehalte des Sandes.« Durch Feuchtigkeit wird die Vegetation befördert, und diese kann auf den Boden verfestigend wirken. Ferner ist es bekannt, dass die Vegetation Einfluss auf die meteorologischen Erscheinungen hat, wie ausgedehnte Wälder z. B. die Wolken »anziehen« sollen. »Es ist daher klar, welche wichtige Bedeutung klimatische Bedingungen, namentlich ein grösserer oder geringerer Grad von Feuchtigkeit für äolische Sandbildungen besitzen können. In der Saharà, den Wüsten Turans, der Mongolei, der Wüste von Atacama u. s. w. bieten die ausserordentliche Trockenheit des Klimas und das fast gänzliche Fehlen von Niederschlägen die denkbar unvorteilhaftesten Bedingungen für die Vegetation dar, zugleich aber die günstigsten für die Thätigkeit des Windes, welche sich denn auch auf Flächen von Hunderten und Tausenden von Quadratkilometern äussert. In Ländern mit feuchtem Klima dagegen, wie in Europa, beschränkt sich diese Thätigkeit fast nur auf schmale Streifen Landes an den Meeresküsten und an den Flussläufen, wo das Meer oder der Fluss einerseits zur Anhäufung lockeren Sandes beitragen, anderseits durch Unterwaschungen die volle Entwickelung einer Pflanzendecke hindern. Wenn es in Europa, freilich recht unbedeutende, rein kontinentale äolische Sandbildungen giebt, so ist ihre Entstehung, wenigstens bei den gegenwärtig herrschenden klimatischen Verhältnissen, fast ausschliesslich auf die Einmischung des Menschen in den Haushalt der Natur — Ausrodung der Wälder, Bestellung des Bodens, Weiden des Viehes u. s. w. — zurückzuführen.«

Weiter gehört zu den Bedingungen, unter denen sich Dünen bilden, das Vorherrschen einer bestimmten Windrichtung. »Schon bei einem flüchtigen Blicke auf die Verteilung der Stranddünen in Europa fällt es sofort auf, dass die meisten und die bedeutendsten von ihnen an Küsten liegen, die entweder direkt nach Westen gerichtet sind, wie auf Jütland, in Schleswig, in Kurland, oder nach Nordwest, wie an der Kurischen und Frischen Nehrung, in den Niederlanden, oder endlich nach Südwest, wie in einem Teile der Gascogne, auf der Insel Oléron. Diese Art der Verteilung der Dünen steht in engem Zusammenhange mit der Richtung der

Luftströmungen, von denen in Europa bekanntlich die südwestliche vorwiegt, obwohl sie teilweise in eine südliche, ja, sogar in eine nordwestliche übergeht, z. B. an den Küsten von La Manche, der Nordsee und der Ostsee.« Doch auch an Küsten, welche eigentlich eine ungünstige Lage in bezug auf den herrschenden Wind haben, wie an der Ostküste Englands, können sich kleine Dünen bilden, einerseits weil die Seewinde in ihren unteren Schichten vermöge ihres leichteren Gleitens über das glatte Meer mit grösserer Kraft an die Küsten gelangen können als Landwinde, denen eine noch so ebene Fläche durch Reibung an Unebenheiten, Gesträuch, Bäumen u. s. w., erheblichen Widerstand entgegensetzt, anderseits, weil bekanntlich die Windrichtung an der Küste eine Ablenkung erfährt. Bei kleineren Buchten und Landzungen zeigt es sich, dass Dünen sich lediglich an den dem Winde zugekehrten Küsten finden. Bei den Flussdünen und bei den Festlandsdünen ist eine herrschende Windrichtung nicht so ausgeprägt wie bei den Stranddünen. Dort ist auch eine vorwiegende Windrichtung zur Bildung von Dünen weniger wichtig als am Meere, wo Dünen sich bilden und bestehen können nur bei vorwiegendem Seewinde. Indessen fehlt sie in den meisten Fällen nicht. Z. B. scheint in der Lybischen Wüste der Nordwest der häufigste zu sein, im Amu-Darjá-Gebiete der Nordost.

Schliesslich sind zur Dünenbildung Unebenheiten des Bodens durchaus notwendig. »Obwohl der auf lockeren Sand wirkende Wind, wie das Wasser, die Oberfläche des Bodens zu ebenen strebt, kommt dieses Streben doch nur dort zur Geltung, wo auf der Sandfläche keine Gegenstände sind, welche im stande wären, die Wirkung des Windes zu schwächen und die Bewegung der Sandkörner aufzuhalten. Andernfalls häuft sich an solchen Gegenständen der Sand an, was zur Bildung oft ansehnliche Höhen erreichender, beweglicher Sandhügel führt, die unter dem Namen »Dünen« bekannt sind.«

Eine höchst interessante Frage ist die, in welcher Beziehung die Dünenbildung zu den Säkularschwankungen der Meeresküsten steht, und welches die günstigeren Bedingungen dafür sind. Es zeigt sich, dass die weitaus grössten Dünengebiete an sinkenden Küsten liegen. Mit dem Sinken findet eine starke Unterwaschung statt. »Das Vorherrschen der Dünen an sinkenden und unterwaschenen Küsten findet zum Teile seine Erklärung in dem Umstande, dass die immer wieder eintretenden Unterwaschungen den lockeren Sand älterer Strandbildungen oder zur Ruhe gelangter Dünen entblössen und das Erscheinen einer einheitlichen und Schutz gegen die Einwirkungen des Windes gewährenden Pflanzendecke auf dem angeschwemmten Sande verhindern, obwohl einer Entwickelung der Vegetation das feuchte Seeklima förderlich ist. . . . Eine erhöhte Entwickelung an unterwaschenen Küsten begünstigt auch der Sandvorrat des Strandes, welcher, wie im Vorstehenden bereits erörtert wurde, durch die Unterwaschungen immer wieder erzeugt wird,

während an aufsteigenden Küsten die Sandanschwemmung leicht aufhören kann, wenn, bei dauerndem Zurücktreten des Meeres, die Sandablagerungen ausserhalb des Wirkungskreises der Wellen geraten und ersetzt werden durch Ablagerungen, welche entweder sandfrei sind oder erhebliche Mengen Thon (Schlick) enthalten, dessen kittende Wirkung auf den lockeren Sand diesen den Einflüssen des Windes entzieht.«

Einen wesentlichen Einfluss der Gezeiten auf die Dünenbildung bestreitet Sokolów entschieden und verweist mit Recht auf die beträchtlichen Dünengebiete an der Ostsee, an der Grossen Syrte und am Kaspischen Meere.

Bei der Erörterung, wie eine Düne entsteht, fragt es sich zunächst nach der Fortbewegung des Sandes durch Wind. In dieser Beziehung hat Sokolów sehr interessante Beobachtungen und Untersuchungen gemacht. Danach findet die Fortbewegung des Sandes nach dreierlei Art statt:

1. Die grösseren Körner gleiten auf ihrer Unterlage. »Da die überwiegende Mehrzahl der Sandkörner von unregelmässiger, abgeflachter Gestalt ist, so ist ihre Bewegung keine rollende, sondern eine gleitende. Die der grössten geschieht ruckweise und nur bei stärkeren Windstössen. Die Beobachtung lehrt, dass das Korn am meisten Widerstand leistet einer Kraft, welche es zwingt, seine ursprüngliche Lage zu verändern, wobei die Dauer des Windstosses von merklichem Einflusse ist. Ich habe wahrnehmen können, dass ein durch starke, aber kurze Windstösse in schwingende Bewegung geratenes Korn durch andauernde Wirkung von gleicher Stärke endlich verrückt wurde, dann sich aber auch bei verminderter Windstärke fortbewegte. Die Erklärung dieser Erscheinung ist darin zu suchen, dass die Körner auf der Oberfläche des lockeren Sandes, der Einwirkung des Windes ausgesetzt, nach Verlauf einiger Zeit die Lage annehmen, in welcher sie dieser Einwirkung den grössten Widerstand zu leisten vermögen oder sich ihr am meisten entziehen. Dafür spricht auch der Umstand, dass, wenn die Richtung des Windes verändert, er z. B. künstlich zurückgeworfen wird, er auf die Körner eine viel stärkere Wirkung ausübt, als der direkte.«

2. Die kleineren Körner werden durch die Luft getragen, und zwar bewegen sich die verhältnismässig grossen sprungweise in ziemlicher Nähe über dem Erdboden, während die kleinsten wie in einer Wolke ziemlich hoch dahinfliegen.

3. Ganze Sandzonen bewegen sich in Wellen langsam fort. Diese Sandwellen sind ausserordentlich klein, bis zu etwa 10 *cm* hoch, und folgen sich in Abständen bis zu etwa 120 *cm*. Ähnliche Wellen finden sich auf dem Meeresgrunde bis zu ziemlichen Tiefen. Die Erklärung dieser Sandwellen, welche schon lange die Aufmerksamkeit mancher Gelehrten auf sich gezogen hatten, hat C. de Candolle in schlagender Weise auf experimentellem Wege gegeben. Danach entstehen sie durch Reibung an dem darüber bewegten

Medium und stellen sich rechtwinkelig zur Bewegungsrichtung dieses Mediums; die Zwischenräume zwischen den einzelnen Wellen stehen im direkten Verhältnisse zur Stärke der Reibung. Der Unterschied zwischen den Sandwellen unter Wasser und unter Luft ist nach Sokolów der, dass die letzteren ihre Gestalt wesentlich ändern, höher wachsen und zugleich wandern.

Die Geschwindigkeit, mit der sich die Sandkörner und Sandwellen fortbewegen, hängt von ihrer Grösse und von der Stärke des Windes ab, indessen hat das Verhältnis wegen der mit der Messung verbundenen Schwierigkeiten noch nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden können, wenngleich von verschiedenen Seiten, insbesondere auch von Sokolów, darüber sehr fleissige Beobachtungen und interessante Versuche gemacht worden sind. Grössere Sandkörner als von 4—5 *mm* Durchmesser bilden nach den bisherigen Erfahrungen keine äolischen Ablagerungen mehr.

Wie entsteht nun eine Düne, und welche ist ihre äussere Gestalt? — Nachdem ein Sturm auf dem flachen Meeresufer Sand und aus Geröll und Sand bestehende Küstenwälle abgelagert hat, dauert es nach dem Zurücktreten des Meeres in seine normalen Grenzen selbst bei sonnigem Sommerwetter bis zu drei Tage, ehe der Sand merklich getrocknet ist, und der Wind ihn angreifen kann. Zuerst bilden sich die kleinen Sandwellen, dann bläst der Wind die Sandwellen vorwärts, zunächst hauptsächlich von den Kämmen der Strandwälle, dann Schicht für Schicht, und lagert ihn, wenn keine hemmenden Gegenstände da sind, gleichmässig ab. Ist aber, wie gewöhnlich, etwas im Wege, wie z. B. der an unseren Meeresküsten häufige Strandhafer (Elymus arenarius), so fängt sich der sandgeschwängerte Wind darin, und der Sand fällt hinter dem Strauche zu Boden. Es bildet sich nach und nach ein nach der Windrichtung gestreckter, nach hinten sich verflachender und zuspitzender zungenförmiger Hügel. An dichteren Sträuchern, wie an dem in Finnland sehr verbreiteten Wachholder, wird die Kraft des Windes schon in den ersten Zweigen so geschwächt, dass der Sand davor niederfällt. An festen Hindernissen, wie Mauern, Zäunen, Baumstämmen, legt sich der Sand niemals unmittelbar davor nieder, sondern zwischen Sandhaufen und Gegenstand bildet sich eine grabenförmige Vertiefung. Diese Erscheinung erklärt sich leicht dadurch, dass »vor dem Hindernisse eine Kompression der Luft stattfindet, als deren Folge sich nach beiden Seiten längs des Gegenstandes gerichtete starke Luftströmungen ergeben, welche den Sand seitlich ausblasen und eine Rinne erzeugen.«

Die grösste Bedeutung für die Entwickelung von Dünen haben die Zungenhügel. Der Sand häuft sich mehr und mehr und verschüttet den ganzen Strauch, bis der Hügel selbst die Rolle eines undurchlässigen Gegenstandes übernimmt und auf seiner Luvseite (der dem Meere zugekehrten) immer grössere Mengen ansammelt. So bildet sich diese Seite zu einem schwach ansteigenden Gehänge

aus. Auf dieser gleiten die Körner allmählich in die Höhe, bis sie auf der entgegengesetzten, der Leeseite, abrollen können. So entsteht die typische Dünengestalt mit einer schwach geneigten Luvseite und einer steilen, dem Schüttungswinkel des Sandes entsprechenden Leeseite. Gleichzeitig beginnt die Wanderung, so dass der verschüttete Strauch allmählich wieder zum Vorscheine kommt. Ähnlich ist die Entwickelung einer Düne an einem Wachholderstrauche u. s. w.

Bei den Flussdünen und zum grossen Teile bei den Festlandsdünen ist die Entstehung im allgemeinen dieselbe. Die ersteren können sich nur in heissen, trockenen Gegenden bilden, wo sandreiche Ströme durch freiliegende Thäler fliessen, deren Ufer sie bei Hochwasser überschwemmen und mit Sand bedecken. Sie sind in Südrussland und Zentralasien häufig. Unter den letzteren giebt es sichelförmige, über welche weiter unten näheres zu berichten ist, die auf vollkommen ebenen, von jeglichem Pflanzenwuchse freien Sandflächen sich bilden sollen. Nichtsdestoweniger muss man nach Sokolów unter allen Umständen kleine Unebenheiten, Höckerigkeit des Bodens annehmen. In vielen Fällen kann eine solche bedingt sein »durch ein ungleichmässiges Trocknen und also auch ungleichmässiges Fortblasen des Sandes durch den Wind. Die feuchteren Stellen bilden wegen der geringeren Sandabtragung nach und nach Hervorragungen, welche, wenn auch dem Auge wenig wahrnehmbar, dennoch dem vom Winde getriebenen trockenen Sande ein gewisses Hemmnis entgegenstellen.«

Für den Grundriss der Dünen stellt Sokolów vier Typen auf:

»Am häufigsten ist derjenige eines unregelmässigen, bald verbreiterten, bald engen und verlängerten Bogens, dessen konvexer Teil der schroff abfallenden Leeseite entspricht. Der Grundriss dieser letzteren ist stets scharf gezeichnet, einmal weil sich die Fläche der Leeseite mit der Ebene des Horizontes unter einem beträchtlichen Winkel von 30° (Schüttungswinkel) schneidet, dann weil hier der kahle lockere Sand meist unmittelbar an den mit Vegetation oder mit Koniferennadeln bedeckten Boden grenzt und in der Farbe scharf von ihm absticht.« An der flachen Luvseite, welche allmählich mit dem Strande verfliesst und daher gewöhnlich die Erscheinung undeutlich zeigt, stellt der Grundriss stets eine eingebogene Linie dar. Die Ursache für diese Bogenform der Dünen ist die, dass die höchsten Teile der letzteren am meisten der Wirkung des Windes, also der Wanderung ausgesetzt sind; infolgedessen schreitet die Mitte schneller vor als die Seitenteile.

Bei dem zweiten Typus bilden die Dünen längliche, der Windrichtung parallel gestreckte Hügel. »Man trifft sie ausschliesslich bei alten, vom Meere fernliegenden Dünen an. Ihr Ursprung lässt sich auf eine schmale, aber lange, in der Richtung des Windes wachsende Windmulde zurückführen, in deren Fortsetzung der lange Hügel aufgeschüttet wird.«

Den dritten Typus: senkrecht zur Windrichtung langgezogene Hügel, »trifft man besonders häufig unter den jungen Dünen an, und ist diese Form nicht ein Ergebnis der Verschmelzung mehrerer kleiner nebeneinander liegenden Dünen, so entsteht sie vor irgend einem geradlinigen und senkrecht zum Winde gelegenen Hindernisse, z. B. vor dem Saume eines dichten Buschwaldes.«

Der vierte Typus: halbzirkus- oder sichelförmige Gestalt, findet sich vorwiegend in den Sandwüsten, wo die für seine Bildung günstigen Bedingungen: ausreichender Raum, ebener Boden und völlig freie und allen Winden ausgesetzte Lage, obwalten. Doch kann er auch bei Stranddünen, wo hinreichend Raum zu seiner Entwickelung da ist, vorherrschen, wie z. B. an der Mündung der Garonne. Für diese merkwürdige Gestalt giebt Sokolów, der auch die Richtigkeit seiner Theorie durch Versuche bestätigt hat, folgende Erklärung: »Das erste, was mir auffiel, war die sehr bezeichnende Verteilung der Sandwellenreihen, welche ja als Ergebnis der Reibung der Luftströmung gegen den Sand eine zur Windrichtung senkrechte Lage annehmen. Bei aufmerksamer Betrachtung dieser Wellenreihen machte ich die Wahrnehmung, dass sie nur im mittleren Teile des Dünenkörpers — wenn man sich diesen durch zwei senkrechte Längsebenen in drei Teile, einen mittleren und zwei seitliche, geteilt denkt — die erwartete Richtung, senkrecht zu derjenigen des Windes und der Längsaxe des Hügels annahmen, während sie an den Seitenteilen des Barchans in mehr oder weniger bedeutendem Masse gegen die Basis der Leeseite hin abgelenkt werden; demnach musste auch die Strömung in der der Düne unmittelbar anliegenden Luftschicht eine Ablenkung erfahren: die Luftwellen gingen also auseinander, den gewölbten Gipfel des Barchans gewissermassen umspülend. Die Beobachtungen an der Bewegung der Sandkörner bestätigen diese Voraussetzung vollauf. Nur in dem mittleren Teile des Barchans bewegten sich die Sandkörner genau in der Richtung des Windes, vom Fusse der Luvseite bis zur Kammhöhe, von welcher sie dann die Leeseite hinabrollten. An der Oberfläche der Seitenteile bewegten sie sich schräg etwas abwärts, gegen die etwas vorstehenden Flügel des Barchans hin, indem sie sowohl dem Einflusse des den Hügel umspülenden Luftstromes, als auch der eigenen Schwere gehorchten. Es ist klar, dass eine solche verstärkte Bewegung des Sandes nach den Seitenrändern des Barchans hin in hohem Masse zu dem Vortreten dieser letzteren beiträgt, was sich besonders gut an neu entstehenden Barchanen oder an solchen, welche infolge des Windwechsels einer Umgestaltung unterworfen werden, verfolgen lässt, kurz allen den Fällen, in welchen die schroff abfallende Leeseite im Entstehen begriffen ist, indem sie zunächst einen geradlinigen Verlauf annimmt und sich erst nach und nach rundet.«

Während die sichelförmigen Dünen gewöhnlich nicht bis zu grösseren Höhen als 2.5 bis 3 *m*, selten bis zu 10 *m* anwachsen, bilden, wie in der Sahará, die anderen Typen Ketten bis zu 200 *m*

Höhe. Die höchsten Stranddünen erreichen in Europa, nämlich in der Gascogne, 60 bis 70 *m* im Durchschnitte. Der höchste Punkt auf der Kurischen Nehrung, Radsen Haken, liegt über 62 *m* hoch. Die übrigen europäischen Dünen sind beträchtlich niedriger und erreichen höchstens 30 bis 40 *m*. Starker Wind und Sturm wirken abtragend auf die Dünen infolge eines verstärkten Fortwehens des Sandes vom Gipfel. »Hieraus darf geschlossen werden, dass für ein erfolgreiches Wachstum der Dünen ein gewisses Verhältnis zwischen der Windstärke und der Menge des von ihm der Düne zugeführten Sandes bestehen muss, und dass das Vorhandensein einer Wachstumsgrenze durch Störung dieses Verhältnisses zu erklären sei, die dadurch hervorgebracht wird, dass die Windgeschwindigkeit mit zunehmender Entfernung vom Boden wächst.« Wahrscheinlich spielt auch die Korngrösse des Sandes in dieser Beziehung eine Rolle. Die Höhe der Flussdünen ist meistens nicht bedeutend, selten über 10 bis 15 *m*.

Die einzelnen Dünen, zuerst zufällig angeordnet, wachsen und werden schliesslich verschmelzen, und können in langen Reihen weite Ketten bilden mit regellosem Profile und Grundrisse, wie es durch die Entwickelung aus lauter selbständigen Einzelbildungen bedingt ist. Bei der Wanderung werden die Formen noch unregelmässiger infolge der ungleichmässigen Wirkung des Windes auf die verschiedenen Teile der Kette. Die Geschwindigkeit des Vorrückens hängt natürlich vom Winde und vom Sande ab. Ist keine Windrichtung vorherrschend, so wird die Wanderung hin und her erfolgen; dies soll in der algerischen Sahará der Fall sein. Je mehr eine Windrichtung vorherrscht, je freier die Lage, je geringer das Volum, je feiner der Sand ist, umso schneller erfolgt die Wanderung. Infolgedessen ist nicht nur in verschiedenen Gebieten, sondern sogar in den einzelnen Abschnitten eines und desselben Dünenzuges das Vorrücken ganz unregelmässig. Aus diesem Grunde ist es durchaus unzulässig, wie Elie de Beaumont vorschlug, aus der Geschwindigkeit der Dünenwanderung und dem zurückgelegten Wege das Alter einer Meeresküste zu berechnen. Die Dünen der Gascogne z. B. sollen sich stellenweise 20 bis 25 *m* im Jahre bewegen, das Vorrücken der gesamten Kette beträgt aber nach anderen Messungen nicht mehr als 1 bis 2 *m*. An der Frischen Nehrung soll die Geschwindigkeit im Durchschnitte 5.5, an der Kurischen nach sehr sorgfältigen Beobachtungen von Berendt 5.6 *m* alljährlich sein. Für die Sahará sind die Angaben ausserordentlich verschieden. Die höchsten Dünen sollen dort überhaupt nicht mehr wandern. Hiergegen lässt sich indessen einwenden, dass einerseits zur messbaren Bewegung so kolossaler Massen ungeheure Zeiträume gehören, anderseits manche für Dünen gehaltene Erhebungen im Inneren aus einem festen Kerne des anstehenden Gebirges bestehen. Die Barchane, sichelförmige Dünen, hingegen erreichen grosse Geschwindigkeiten. So beobachtete Sokolów die Verschiebung eines 2 *m* hohen Barchans um 1 *m* in wenigen Stunden.

Mit der Wanderung der Dünen sind erhebliche Veränderungen an der Erdoberfläche verbunden, namentlich Verlegung der Flussläufe, Bildung von Sümpfen und Seen und Verschüttung solcher. Wenngleich der Ursprung dieser Erscheinungen in erster Linie dem Meere mit seinen Anschwemmungen zuzuschreiben ist, so vervollkommnen doch die Dünen diese Thätigkeit in unvergleichlich grösserem Massstabe. Ein typisches Beispiel von grosser Tragweite ist das Zurückschieben des Kurischen Haffes durch die Dünen. Unausgesetzt wird das Westufer durch das Vorschreiten der Dünen der Kurischen Nehrung nach Osten verrückt. Nach Berendt muss die Bewegung, welche seit 24 Jahren 197.8 *m*, jährlich also 8.24 *m* beträgt, zu einer endgültigen Abtrennung des Haffes von der Ostsee und zur Bildung von Festland am nördlichen Teile, von Memel bis zur Windenburger Ecke, führen.

Von besonderem Interesse für den Geologen ist der innere Bau der Dünen. Man kann bei vielen, am typischsten in Längsschnitten, eine deutliche Schichtung erkennen, hervorgerufen durch verschiedene Beschaffenheit des Sandes oder durch organische Reste. Am häufigsten ist die durch die Korngrösse veranlasste Schichtung. Sie wird dadurch erzeugt, dass Wind von bestimmter Stärke nur Sandkörner von bestimmter Maximalgrösse befördern kann. Folgt daher auf Sturm schwacher Wind, so wird feiner Sand über groben gelagert werden und umgekehrt. So einfach ist der Vorgang indessen nicht. Eine der wesentlichsten Veränderungen an den Dünenabhängen bei starkem Winde ist die, dass der feinere Sand von der Luvseite fortgetrieben wird, während der gröbere allmählich auf den Gipfel emporklimmt, um auf die Leeseite zu fallen. Hier sammelt er sich aber nicht deckenförmig, sondern in einzelnen Strömen längs des Bettes vom Winde eingegrabener Furchen an. Schwächere Winde füllen darauf sämtliche Furchen vollends mit feinem Sande und breiten ihn in zusammenhängenden Schichten aus. Die soeben erläuterte Art der verschiedenen Ablagerung gröberen und feineren Sandes, die Thatsache, dass die Dünen nicht ausschliesslich der Wirkung eines bestimmten Windes ausgesetzt sind, und dass ihre Entwickelung häufig unterbrochen wird, sowie die Unregelmässigkeiten, welche durch Verschmelzung benachbarter Dünen hervorgerufen werden u. a. m., lassen es erklärlich erscheinen, dass die Schichtung gewöhnlich ausserordentlich kompliziert ist. Es kommt auch vor, dass verschiedene Lagen verschiedenen Mineralbestand aufweisen, was dadurch gedeutet werden kann, dass Winde verschiedener Richtung verschieden zusammengesetzte Sande anwehen, oder dass das Meer nicht gleichmässige Sande anschwemmt. Die Aufbereitung durch Wind nach einzelnen Mineralen hat Joh. Walther sehr interessant in den afrikanischen Wüsten beobachtet.

Was die Zusammensetzung des Dünensandes betrifft, so besteht er vorwiegend aus Quarzkörnern, was seinen Grund zum grossen Teile darin hat, dass die Verwitterung anderer wesentlicher gesteins-

bildender Minerale viel kräftiger erfolgt und Staub bildet. Oft führt er beträchtliche Mengen Kalk, an den Küsten der Südsee und des Stillen Ozeans an manchen Stellen auch ausschliesslich Kalk. J. W. Retgers hat den Sand der niederländischen Dünen sehr genau auf seinen Mineralgehalt geprüft. Danach schwankt der Quarzgehalt zwischen 90 und 95 %; eisenhaltige Minerale von einem spezifischen Gewichte über 3, namentlich Amphibole, Pyroxene und Granaten, untergeordnet Epidot, Turmalin, Staurolith u. s. w., machen ungefähr 5 % aus; Rutil und Zirkon sind verschwindend, und Eisenerze sehr selten vorhanden. Überhaupt werden folgende Minerale gefunden: Orthoklas, Mikroklin, Plagioklase, Cordierit, Quarz, Calcit, Apatit, Amphibol (Hornblende, Aktinolith, Smaragdit, Glaukophan), Turmalin, Pyroxen (Augit, Diopsid, Hypersthen), Epidot, Titanit, Sillimanit, Olivin, Granat (hauptsächlich Almandin, daneben aber wahrscheinlich auch Grossular und Melanit), Staurolith, Cyanit, Korund, Spinell, Rutil, Zirkon, Magnetit, Ilmenit. Der Ursprung dieser Minerale darf in kieselsäurereichen Gesteinen des Grundgebirges, d. h. Graniten, Gneissen und Glimmerschiefern gesucht werden, zum kleinen Teile in den Basalten des rheinischen Devons; die Beteiligung von Diabasen und Dioriten ist nicht ausgeschlossen; und wahrscheinlich hat der im Maasthale anstehende Kohlenkalk Calcit geliefert.

In den Festlandsdünen sind sehr dünne Thoneinlagen nicht selten, namentlich in Zentralasien. Über den diesbezüglichen, bekanntlich von Freiherrn von Richthofen so meisterhaft behandelten Gegenstand sind folgende Ausführungen Sokolów's von Interesse: »Ich für meinen Teil halte mich an die Ansicht, dass beim Ablagern thoniger, staubförmiger Teilchen auf die Bodenoberfläche die Hauptrolle dem atmosphärischen Wasser zukommt. Die Bildung thonigen Staubes erfordert eine vorherige mechanische Zerkleinerung des Thongesteins. Während der trockene lockere Sand an sich einen losen, vom Winde leicht beweglichen Körper darstellt, bildet der trockene Thon an seiner Oberfläche eine kompakte, feste Kruste, von welcher der Wind kaum irgend ein Teilchen abzulösen im stande ist, wenn sie zuvor nicht mechanisch zerbröckelt wird. Auch in der Ablagerungsweise des staubigen Thones und des Sandes besteht ein grosser Unterschied. Der feine Staub schwebt frei in der Luft und sinkt erst bei vollkommener Windstille langsam zu Boden, wo er liegen bleibt, wenn er entweder durch Feuchtigkeit gebunden wird oder sich in einer vor der Windwirkung geschützten Lage befindet, z. B. zwischen Grasstengeln. Die Ablagerung des Dünensandes geschieht dagegen unmittelbar durch den Wind, welcher ihn Schicht für Schicht herbeiweht. Der Unterschied ist durchaus derselbe wie zwischen dem Absatze einer schwebenden Trübe in stehendem Wasser und der Ablagerung von Sand, Grand und noch gröberem Materiale aus bewegtem Wasser, z. B. bei Brandung, durch Flüsse u. dergl. m. Daher entstehen sandige Dünenablagerungen gerade da, wo der Wind

Zugang hat; eine Staubablagerung ist hingegen nur an Punkten möglich, welche vor dem Winde vollkommen geschützt sind.

»Der Regen übt durchaus nicht die gleiche Wirkung auf windabgelagerten Sand und auf Staubabsatz aus. Der auf lockeren Sand fallende Regentropfen wird eingesogen und bewirkt nur an der Oberflächenschicht eine geringfügige Verschiebung der Körner; nur an steilen Dünengehängen rufen starke Regenfälle eine Abschwemmung hervor, allein auch diese beschränkt sich auf die obersten Sandschichten, während die tieferen unverändert die Lagerung beibehalten, welche ihnen vom ablagernden Winde verliehen wurde. Auf Staubabsatz wirkt im Gegenteile der Regen sehr stark ein: die feinen Staubteilchen werden vom Wasser fortgerissen in anderer Weise verteilt. Selbst wenn der Staub sich auf Gras abgelagert hat und vom Regen nicht weggeschwemmt werden kann, findet doch eine abweichende Verteilung der Staubkörperchen statt, indem sie von den Stengeln und Blättern auf den Boden hinabgespült werden, um sich dort in kleineren Vertiefungen zwischen den Wurzeln abzulagern. Ausserdem schwebt, vermöge seiner geringen Schwere, der Staub längere Zeit in der Luft und sinkt, wie soeben bemerkt wurde, selbst bei vollkommener Windstille nur langsam zu Boden; der Regen bewirkt aber ein rascheres Niederschlagen der Teilchen und säubert somit von ihnen die Luft.

»Die Mächtigkeit der im Laufe lange andauernder Regenlosigkeit, wie sie in manchen Wüsten vorkommt, abgesetzten Staubschicht dürfte wohl kaum so bedeutend werden, als dass der Absatz nicht durch einen Regenfall weggespült werden könnte. Bei aller Dichtigkeit eines Staubnebels ist die Staubmenge niemals gross, und die Mächtigkeit des Abgesetzten bemisst sich nach Millimetern, höchstens nach Zentimetern, während die Mächtigkeit des im gleichen Zeitraume durch den Wind aufbereiteten, teils weggewehten, teils aufgewehten Sandes nach Metern, ja Zehnern von Metern zu beziffern ist.

»Somit lagert sich der Dünensand lediglich mit Hilfe des Windes ab, während dem atmosphärischen Wasser höchstens eine abschwemmende Thätigkeit zukommt; beim Absatze aus Staub entstehender lockerer Bildungen hingegen fällt unstreitig dem atmosphärischen Wasser die wichtigste Rolle zu. Die Sonderung, das Abblasen staubförmiger Teilchen aus gröberen am Orte ihrer Entstehung, ihre Übertragung auf mehr oder weniger weite Strecken und ihre Verteilung auf der Erdoberfläche geschieht freilich auch durch Wind, ihre endgültige Häufung und Befestigung an den Boden gehört jedoch ausschliesslich den wässerigen Niederschlägen an.«

Sehr deutlich wird die Schichtung, wenn im Dünensande Einlagerungen von Humusschichten vorkommen, wie es häufig bei Stranddünen und sehr auffallend bei Flussdünen der Fall ist. Sie finden sich z. B. bis zu zehn und mehr in den Dünen von Sestrorétzk und bestehen aus Dünensand, welcher dunkelgrau oder bräunlich gefärbt

ist und verweste Pflanzenwurzeln, einzelne Holzstücke, Kiefernzapfen und oft Holzkohle führt. Ihre Mächtigkeit schwankt durchschnittlich zwischen einigen Millimetern und fünf Zentimetern. Sie beweisen, dass die Dünen mehrfach zur Ruhe gelangten, sich mit Vegetation bedeckten und immer wieder auf die Wanderschaft gingen. »Wie verwickelt der Verlauf dieser Schichten alten Pflanzenbodens auf den ersten Blick auch erscheinen mag, gelingt es dem durch längere, aufmerksame Beobachtungen der Umrisse gegenwärtiger Oberflächen der Dünen geschärften Auge in diesen Linien die Durchschnitte der früheren Oberflächen der Dünen während ihrer Ruheperioden, die die Umrisse der ehemaligen Gipfel, Luv- und Leeseiten wieder zu erkennen. Durch das Studium des Verlaufes dieser eingelagerten Humusschichten vermag man demnach mit gewisser Vollständigkeit die Geschichte einer Düne wieder herzustellen, ihre ehemaligen Masse zu ermitteln, ihr Wachstum oder ihre Abnahme, sowie die Richtung ihrer Bewegung festzustellen.« Dass Torfschichten den Dünensand häufig unterlagern, erklärt sich leicht durch die Entstehung aus Sümpfen, welche in Stranddünengebieten so oft zu finden sind.

Neben Knochen von Landtieren, namentlich höhlengrabenden Kaninchen und Mäusen, können im Dünensande kleinere durch Wind und grössere durch Vögel verschleppte Muschelschalen vorkommen.

Wichtig ist die Auseinanderhaltung von Dünen und Strandwellen. Die letzteren weichen als Produkt der Meeresbrandung nicht nur in Form und Grösse erheblich von jenen ab, sondern kennzeichnen sich nach ihrem Baue und Inhalte meistens deutlich als Ablagerungen, welche unmöglich durch Wind erfolgt sein können. Während die Dünen, wie bereits erwähnt, keine Schlüsse auf die ehemaligen Meeresgrenzen zulassen, ist dies — und das ist von grosser Bedeutung — bei den Küstenwällen, welche genau die Brandungslinie markieren, wohl der Fall.

Was erwartet nun die Geologie vom Studium der Sand- und sandführenden Ablagerungen? »Wir sehen sie am Meeresstrande mit Hilfe der Brandung entstehen, sich am Boden der Flussbetten und an den Flussmündungen unter gleichzeitiger Mitwirkung der Strömung und der Brandung bilden, auf dem Festlande unter dem Einflusse des Windes, oder in Gebirgsschluchten unter demjenigen des Gletschereises zu stande kommen u. dgl. m. Wie kann nun der Geologe, dieser Mannigfaltigkeit der Bildungsursachen Rechnung tragend, bei der Untersuchung lockerer oder im Laufe der Zeit zu Sandsteinen verkitteter Sande feststellen, in welcher Weise diese Ablagerung entstanden: ob da ein Meeresstrand, hier eine Flussbank oder eine Sandwüste bestand, auf welcher der Wind Sandmassen zusammenfegte und aufschüttete. In der Mehrzahl der Fälle vermag der Geologe eine bestimmte Antwort nicht zu geben, weil es oft in den mächtigen Sandablagerungen an organischen Resten, die in Fragen dieser Art hauptsächlich oder ausschliesslich

leitende, wenn auch nicht immer unfehlbare Anhaltspunkte gewähren, gänzlich fehlt. Sande und Sandsteine sind oft in paläontologischer Hinsicht gänzlich stumm, da wegen ihrer leichten Durchlässigkeit für Luft wie für Wasser die in ihnen enthaltenen Reste einer raschen Zersetzung unterliegen. Selbst die festen Teile der Organismen, wie ihr inneres und äusseres Gerüst werden aufgelöst und ausgelaugt und verschwinden schliesslich vollkommen. Es bleibt also nur der Ausweg übrig: die Bildungsweise der Sandablagerungen nach den Eigenschaften des Sandes selbst, nach der Art seiner Schichtung, nach den gegenwärtigen topographischen Bedingungen und, wenn möglich, nach der der Ablagerung des Sandes vorangegangenen Bodengestaltung zu beurteilen. Die Schichtungsweise wäre das bequemste Merkmal, wenn es nicht bekannt wäre, dass in vielen Fällen eine recht komplizierte und trotz verschiedener Bedingungen dabei sehr ähnliche Schichtung zu stande kommt.«

Als Merkmale, welche für äolische Bildungen anderen Sandablagerungen gegenüber besonders charakteristisch erscheinen, bezeichnet Sokolów folgende:

Die Schichtung zeigt entweder der Luvseite und dem Gipfel der Düne entsprechende sanft aus- und eingebogene Linien oder der Leeseite entsprechende starke Böschungen bis zu 30°. Ähnlich kann die Lagerung vom Meere angeschwemmten Materials sein; dieses letztere indessen enthält gröbere Körner, Grand und Geröll. Auch kann feiner Sand nicht unter grösserem Böschungswinkel als 5° angeschwemmt, dagegen unter 15 bis 20° angeweht werden.

Zweitens wird Sand durch den Wind vollkommener aufbereitet als durch das Wasser und nur bis zur Grösse von höchstens 3 bis 4 *mm* Durchmesser auf der Ebene und von 1 bis 2 *mm* Durchmesser in die Höhe bewegt. Weiter ist der Dünensand stets staubfrei. Staub, welcher sich unter Luft absetzt, kann allerdings unter geeigneten Bedingungen thonige Einlagerungen in den Dünen hervorbringen.

Endlich sprechen Humusschichten mit Resten von Landpflanzen am zuverlässigsten für Dünenbildung. Indessen werden solche selten lange erhalten bleiben.

Zum Schlusse stellt Sokolów folgende Betrachtung an: »Unwillkürlich drängt sich übrigens die Frage auf, ob eine so unstete Bildung, wie eine Sandanwehung, im stande ist, sich so lange, seit ihrer Entstehung in der Tertiär- oder einer noch älteren Periode mit all' ihren Kennzeichen unverändert zu erhalten. Eine solche Annahme ist im höchsten Grade unwahrscheinlich, zumal unter der Voraussetzung, dass der Sand locker blieb; zementiert und in Sandstein verwandelt, kann er dagegen unter Beibehaltung seiner Schichtung und anderer Eigenschaften fortbestehen. Eine solche Verkittung losen Sandes durch Kieselsäure, Eisenoxyd, Kalk-, Magnesia- und andere Salze, welche einsickernden und kreisenden Wässern entstammen, ist eine in Sandgesteinen recht verbreitete Erscheinung, welche auch bei

Dünenbildungen statthaben kann. Ich habe nicht selten Gelegenheit gehabt, bei durch Wind zerstörten Dünen einen festeren Kern zu beobachten, welcher aus demselben Sande mit wohl erhaltener Schichtung bestand, aber unter der Einwirkung der Feuchtigkeit und unter dem Drucke der überlagernden Massen ein festeres Gefüge angenommen hatte und mit Eisenoxyd und etwas Kieselsäure schwach verkittet war. Viel häufiger tritt die Verfestigung des Dünensandes und seine Umwandelung zu Sandstein in denjenigen Fällen auf, in welchen er eine merkliche Beimengung von Calciumcarbonat führt. Die allmähliche Verkittung des Dünensandes ist eine nicht nur bei reichlicher mit kreisendem Wasser versehenen Strand- und Flussdünen, sondern auch bei Wüstendünen anzutreffende Erscheinung.«

Durchbruchsthäler in den Südalpen. Dr. K. Futterer untersuchte[1]) die Entstehung der Durchbruchsthäler in den karnischen Voralpen zwischen Piave und Tagliamento. Dieses Gebiet eignet sich hierzu besonders, weil es geologisch gut bekannt, und die Gebirgskette, durch welche die Durchbruchsthäler führen, tektonisch einfach ist. Weiterhin kommt als günstiger Umstand in Betracht, dass die Erosion noch nicht so weit abtragend gewirkt hat, dass die Rekonstruktion früherer Verhältnisse unmöglich oder hochgradig unsicher würde, und schliesslich ist das Flusssystem selbst so einfach und besass dieselbe Eigenschaft auch in den Zeiträumen, welche für die Entwickelung desselben zur Berücksichtigung kommen müssen, dass auch der Zusammenhang der Thalbildung mit der geologischen Bildungsgeschichte des Gebietes leicht zur Darstellung zu bringen ist.

Durchbruchsthäler, wie die Flusssysteme überhaupt, können nur als Erzeugnis einer langen geologischen Entwickelung, im Zusammenhange mit der Entstehungsgeschichte des Landes selbst, verstanden werden. Von den zahlreichen Erklärungen, die für die Entstehung der Durchbruchsthäler aufgestellt worden sind, haben folgende drei allgemeinere Bedeutung: 1. durch epigenetische Thalbildung: die Thäler sind in einem überlagernden Schichtsysteme entstanden, das jetzt abgetragen worden ist; 2. durch rückschreitende Erosion: an der einen Seite eines Gebirges arbeitet die Erosion schneller als an der anderen Seite und verschiebt daher die Wasserscheide allmählich an den jenseitigen Fuss des Gebirges; 3. durch »Antezession« des Flusses: der Fluss ist älter als das durchbrochene Gebirge und hat sich durch seine Erosionskraft behauptet, während das Gebirge aufstieg. Futterer hat ein neues Kriterium aufgestellt, um im Einzelfalle die beiden letzteren Entstehungsarten zu unterscheiden, und zwar die Zusammensetzung der Flussablagerungen, die in verschiedenen Zeiten der Geschichte des Flusses unterhalb des Durchbruches gebildet worden sind. Ist das Durchbruchsthal durch rückschreitende

---

[1]) Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde in Berlin 30. 1895. Nr. 1. p. 1 u. ff.

Erosion entstanden, so müssen sich in der Zeit der Entstehung Sedimente bilden, die nur aus dem Materiale der durchbrochenen Kette bestehen; erst die späteren Sedimente enthalten auch Material aus dem Oberlaufe. Ist aber der Fluss älter als die durchbrochene Kette, so finden sich zu unterst Sedimente nur aus dem Oberlaufe, darüber solche aus dem Oberlaufe und der durchbrochenen Kette gemischt.

Futterer weist bezüglich des oben genannten Gebietes nach, dass dort die Flussdurchbrüche den vorhandenen Querverwerfungen nicht folgen, also nicht tektonisch bedingt sind. Aus den dortigen Tertiärablagerungen ergiebt sich, dass die Flüsse bereits vor der Aufwölbung der Kreiderandkette, die am Ende des Miocän stattfand, annähernd an denselben Stellen flossen wie heute, und aus den Flusssedimenten des Tertiärs und Quartärs erkennt man unter Anwendung des oben angeführten Kriteriums, dass sich die Flüsse an ihrer Stelle erhielten, während die Kreidefalte emporstieg.

Zwischen Durchbruchsthälern, welche quer durch einzelne Ketten ein und desselben Faltengebirges führen, und solchen, die ein ganzes Kettengebirge durchsetzen, besteht aber nur ein gradueller Unterschied, und beiden ist die Eigenschaft gemeinsam, dass die Flussläufe in ihnen höheren Alters als die durchbrochenen Ketten oder Gebirge sind. »Dieses genetische Merkmal,« sagt Futterer, »muss auch in der Definition dieser Gattung von Querthälern gegenüber solchen, welche auf Querspalten oder rückschreitende Erosion zurückzuführen sind, zum Ausdrucke gelangen.

Von diesem Gesichtspunkte ausgehend, wären nur solche Thäler als Durchbruchsthäler zu bezeichnen, welche ganze Faltengebirge oder einzelne Ketten derselben quer durchsetzen, und deren Flussläufe älter sind als die durchbrochenen Ketten oder Gebirge.

Es mag sehr gut vorkommen, dass in einem Kettengebirge, dessen eine Seite in hohem Masse infolge klimatischer Ursachen einseitiger Erosion unterliegt, nachdem durch diesen Faktor die Wasserscheiden aus der ersten Kette auf den zweiten oder in noch weiter zurückliegende Kämme verlegt worden ist, Querthäler verschiedener Gattung und verschiedener Entstehung nebeneinander gebildet worden sein können.

Einige präexistierende Flüsse werden Durchbruchsthäler durch das ganze Faltungsgebirge bilden, andere, welche von dessen zuerst entstandenen Ketten abfliessen, werden ebenfalls als echte Durchbruchsthäler jüngere sich angliedernde Ketten durchschneiden und vielleicht auch in rückschreitender Erosion im Laufe der Zeiten ihren Oberlauf durch die zentralen Ketten verlängern können, und eine dritte Kategorie wird nur auf diesem letzteren Bildungsmomente beruhen und kann je nach dem Alter des Flusses verschieden tief in das Gebirge nach rückwärts eindringen.

Hieraus lässt sich auch die in Faltengebirgen nicht seltene Erscheinung erklären, dass eine Kette (3) von einem Flusse

durchbrochen wird, der nachher in einem Längsthale weiterfliesst, ohne die jüngere Kette (4) ebenfalls zu durchbrechen, wenn 1—5 die Ketten eines Faltungsgebirges von der zentralen Kette (1) nach aussen bis (5) an Höhe und Alter der Entstehung abnehmend darstellen. Noch ehe Falte (5) ganz gebildet war, konnte am Abhange der Wetterseite von (4) ein Flusslauf vorhanden sein, der durch Falte (5) in ein Längsthal gedrängt wurde, aber in rückschreitender Erosion allmählich die Kette (4) durchschnitt und einen zwischen 3 und 4 in einem Längsthale fliessenden Fluss erreichte.

Das Alter der einzelnen Flussläufe ist einer der wesentlichsten Faktoren für die jetzige hydrographische Stellung derselben, und wie im Alter der einzelnen Gebirge gegenüber den älteren Festlandsmassen und der einzelnen Ketten eines Faltengebirges gegeneinander grosse Unterschiede stattfinden, so muss sich dasselbe Verhältnis auch in der Bildung ihrer Thäler widerspiegeln.

Der Kampf der Flüsse gegeneinander, die Verschiebungen ihrer Wasserscheiden, tektonische Einwirkungen, welche die grössten Verschiebungen der Flusssysteme zur Folge haben können, machen das Studium der Entwickelung der heutigen hydrographischen Verhältnisse umso schwieriger, in je ältere Perioden wir dieselben zu verfolgen suchen, und je mehr tektonische Bewegungen oder Phasen der Gebirgsbildung sich gefolgt sind.

Wo nicht die Bodenplastik die ehemaligen Flussläufe noch anzeigt, müssen es die Spuren der fluviatilen Bildungen an den Gehängen thun, und gerade dieses wichtige Merkmal ist, soweit prädiluviale Zeiträume in Frage kommen, durch die Eisbedeckung und die grossen Wassermengen der Eiszeit in den meisten Fällen zerstört.

Aus den geringen Erosionsrelikten der sarmatischen Flussbildungen auf den Pässen zwischen dem Oberlaufe des Tagliamento und den Flüssen der Karnischen Voralpen entnehmen wir die Kenntnis, dass diese Flüsse nur die schwachen Epigonen einst viel mächtigerer, den zentralen Alpenketten entströmender Gewässer sind, und dass der heute sie an Grösse des Flussgebietes wie der Wassermasse bedeutend übertreffende Tagliamento nur ein Parvenu unter den Flüssen der Karnischen Voralpen ist, dessen Lauf und dessen Bedeutung nicht in alte Zeiten zurückreicht.

Die kleinen Geröllsteine in den Flussablagerungen und in den Konglomeratbildungen, sowie der Charakter der von diesen Flüssen an ihren Mündungsstellen abgesetzten Sedimente, sind berufen, die wichtigsten Aufschlüsse über das gegenseitige Alter von Gebirgsketten und Flussläufen zu geben und die Rekonstruktion früherer Verhältnisse der Oroplastik und der Verteilung der Gewässer zu ermöglichen.«

Die Zeitdauer der geologischen Vergangenheit. Eine Methode, den Faltungsbetrag als Massstab der geologischen Zeit zu

verwenden, teilt M. P. Rudski mit[1]), indem er mathematisch einen Ausdruck für den Zuwachs des Erdradius während der Zeiteinheit ableitet. Die Formel hat indessen zur Zeit nur bedingt praktischen Wert.

3. Bodentemperatur.

Eisboden und geothermische Beobachtungen in Sibirien. A. Woeikof teilt hierüber einige neuere Beobachtungen mit[2]). Der Bergingenieur Jačeresky besuchte im Juni 1892 die Gegend des Ob-Jenisseikanals, wo Erdarbeiten in vollem Gange waren. Nirgends sah oder hörte er von Eisboden. Und doch waren die Schichten derartig, dass wenn der Boden beständig gefroren wäre, dies den Arbeitern und Unternehmern nicht entgangen wäre, unten Thon, dann Quarzsand mit Moor und Bohneisenerz. Es giebt auch Quellen. Die Gegend des Kanales ist eine sehr kalte Wasserscheide zwischen dem Ket, Zufluss des Ob, und dem Kass, Zufluss des Jenissei, hier, unter dem 59° nördl. Br., ist die mittlere Temperatur der Luft etwa —3° C. Dann besuchte er die nördliche Jenisseische Taigo (Urwälder), welche durch ihre reichen Goldseifen bekannt sind. Dies führte natürlich zu bedeutenden Erdarbeiten. Diese Gegend ist ziemlich gebirgig und liegt östlich vom Jenissei, 59° nördl. Br. und weiter nördlich. Hier fand sich zuweilen Eisboden, jedoch nicht überall, mehr flockenartig, und die grosse Menge Wasser, mit welcher man in den Goldseifen bei Erdarbeiten gewöhnlich zu kämpfen hat, zeigt, dass Eisboden gewöhnlich fehlt. Jačeresky nimmt hier eine mittlere Jahrestemperatur der Luft von —5° an, Schnee deckt den Boden früh und wird bis $1^1/_2$ *m* mächtig.

Anderseits findet sich zwischen Krasnojarsk und Mariinsk in den Brunnen oft ein Eisring, in $2^1/_2$ bis $3^1/_2$ *m* unter dem Boden. Diese Gegend ist viel wärmer, Krasnojarsk (am Jenissei unter 56° nördl. Br.) hat eine mittlere Lufttemperatur von 0.6°. Werden solche Brunnen nicht benutzt, so bedeckt sich das Wasser im Sommer mit Eis. Die kalte Luft sinkt im Winter in die Brunnen, ausserdem wird der Schnee rund um die Brunnen festgetreten, und durch das ausrinnende Wasser bilden sich Eisschichten. Ein Bohrloch, ganz in der Nähe eines solchen Brunnens, zeigte am 2. (14.) September Eisboden in einer Tiefe von 50 *cm*, während andere Bohrlöcher im Juli keinen Eisboden zeigten.

Im Sommer 1893 wurden einige Bohrlöcher in den Kreisen Krasnojarsk und Atschinsk gemacht und artesisches Wasser gefunden. An zwei derselben machte Jačeresky Temperaturbeobachtungen, in Krebckowo am linken Ufer des Jenissei 20 *km* unterhalb Jenisseisk

---

[1]) Petermann's Mitteilungen 1895. p. 147.
[2]) Meteorologische Zeitschrift 1895. p. 212.

(ungefähr 140 *m* ü. M. N,) und westlich davon am Grossen Kerutschuk (ungefähr 300 *m* ü. M. N.).

In beiden zeigte sich artesisches Wasser in grossen Mengen in 23 bis 24 *m* Tiefe. Das Wasser, welches ausfloss, hatte eine Temperatur von 4.6 bis 4.8° C. Beobachtungen der Temperatur in den Bohrlöchern, mittels eines mit Paraffin umgebenen Thermometers, welches zwölf Stunden im Bohrloche blieb, ergaben:

Tiefe *m*	Krebckowo	Kerutschuk
8.5	—	4.0
11.3	4.8	4.6
38.0	5.1	—
39.1	—	5.0
45.0	5.5	—
69.5	6.0	—

«In Mitteleuropa,« bemerkt Jačeresky, »geben Bohrlöcher in der Tiefe des Krebckowobohrloches eine Temperatur von 10 bis 11°, also nur 4 bis 5° mehr als in diesem Teile Zentralsibiriens und dies bei einer mittleren Lufttemperatur von 9 bis 10° dort und etwa 0 bis 0.5° hier. So wichtig ist der Schutz, welchen die Schneedecke des Winters gegen die Abkühlung gewährt.«

»Aus den Zahlen ist auch zu sehen, dass die Zunahme nach unten nicht bedeutend ist, 1.2° auf 58 *m*, also noch viel langsamer, als die gewöhnlich angenommene geothermische Zunahme von etwa 3° auf 100 *m*.

Es ist noch zu bemerken, dass die Umgegend von Krasnojarsk schneearm ist, so dass häufig auf 20 bis 30 *km* vor Krasnojarsk keine Schlittenbahn vorhanden ist, also in schneereicheren Gegenden Sibiriens ein viel grösserer Überschuss der jährlichen Temperatur der oberen Bodenschichten über diejenige der Luft zu erwarten ist. Denn einerseits schützt der Schnee den Boden vor Abkühlung im Winter, anderseits kühlt eine Schneelage die untere Luftschicht ab.

Eine frühere Studie von Jačeresky zeigte, dass in Transbaikalien, wo noch viel weniger Schnee fällt als in der Umgebung von Krasnojarsk, bei einer mittleren Lufttemperatur von —2½ bis —3½° C. sich ziemlich regelmässig Bodeneis fand, während in der Umgegend von Turuchansk unter 65½ nördl. Br. am Jenissei, wo die mittlere Lufttemperatur —8° ist, v. Middendorf in 3 bis 9 *m* tiefen Bohrlöchern Ende März eine Temperatur über 0° fand.«

Untersuchungen über die Temperatur des Bodens in verschiedenen Erdarten hat A. Henne angestellt [1]. Die Beobachtungen wurden zu Adlisberg in der Schweiz an verschiedenen Beeten von etwa 25 *qcm* Flächeninhalt angestellt, von denen jedes bis in grosse Tiefe von einer bestimmten Bodenart war. Die Untersuchung wurde

[1] Mitteilungen der schweizerischen Zentralanstalt für forstl. Versuchswesen 8.

mit einem sogenannten »Oberflächenthermometer« durchgeführt, d. h. mit einem Instrumente, bei welchem das Quecksilbergefäss durch eine etwa 15 *cm* lange dünne Röhre mit dem die Skala einschliessenden Teile verbunden ist. Diese Konstruktion bietet den Vorteil, dass das Quecksilber bis in beliebige Tiefe versenkt werden kann (bis zu 15 *cm*), ohne dass die Skala verdeckt wird. Der Boden rings um die Thermometer war kahl. Neben diesen Beobachtungen wurden noch solche über den Stand der Lufttemperatur, sowie über die Dauer des Sonnenscheins angestellt. Die Beobachtungen fallen in die Zeit vom 1. April bis 31. Oktober 1892, also in die Hauptvegetationszeit. Was die Resultate betrifft, so lässt sich das umfangreiche Zahlenmaterial kurz in folgenden Sätzen zusammenfassen: 1. Im Durchschnitte der Monate April bis Oktober beträgt der Unterschied der Temperatur der verschiedenen Bodenarten bei ebener Lage 1.4° C.; 2. im Durchschnitte des Monats Juli erhebt sich diese Differenz auf 4.4° C.; 3. an einzelnen sonnigen Tagen steigt dieselbe um 1^h bis auf 8.3° C.; 4. an trüben Tagen sinken die Differenzen der Temperatur vielfach unter 1° C.; 5. die Temperatur der verschiedenen Bodenarten ist fast immer höher als die Lufttemperatur; 6. bei feuchtem Boden ist ein Einfluss der Farbe des Bodens auf dessen Erwärmung nicht nachweisbar.

4. Erdmagnetismus.

Die wahrscheinliche Ursache der magnetischen Anomalien in der Umgebung von Moskau. Als in den fünfziger Jahren eine genaue Triangulation des europäischen Russland ausgeführt wurde, fand sich das merkwürdige Ergebnis, dass in der Umgebung von Moskau die Lotlinie eine sehr merkliche Ablenkung von der normalen Richtung erleidet. Diese Ablenkung macht sich am stärksten innerhalb einer Zone um Moskau bemerkbar, welche von Norden nach Süden etwa 40 *km* und von Osten nach Westen ungefähr 180 *km* ausgedehnt ist. Dort weicht das untere Ende des Lotes um einen Bogen von 11″ nach Norden von der Normalen ab. Etwa 12 *km* südlich von Moskau, auf einer ziemlich von Osten nach Westen streichenden Linie, ist seine Richtung völlig normal, während noch weiter südlich das untere Ende des Lots um etwa 5″ nach Süden abweicht. Eine so bedeutende Ablenkung der Lotlinie in völlig ebener Gegend legt den Gedanken nahe, dass dort unter dem Erdboden Massen von grosser Dichtigkeit sich befinden müssen. Als solche dachte man sich zunächst grosse Eisenmassen, und damit war der Gedanke nahegelegt, die Existenz solcher Massen möglicherweise durch erdmagnetische Messungen nachzuweisen. Der durch seine erdmagnetischen Aufnahmen wohlbekannte Forscher H. Fritsche hat im Juni 1893 eine magnetische Untersuchung der Umgebung Moskaus bis zu 80 *km* Entfernung ausgeführt. Es wurden dadurch für 31 Orte die erdmagnetischen Elemente genau bestimmt und hierauf

gestützt ihre Abweichungen kartographisch dargestellt. Daraus ergiebt sich, dass in einer 20 *km* von Norden nach Süden breiten und 150 *km* von Osten nach Westen langen, über Moskau streichenden Zone die totale Intensität der erdmagnetischen Kraft bedeutend grösser ist, als nördlich und südlich davon, auch ist im westlichen Teile dieser Zone die Anomalie grösser als im östlichen. Eine Karte der Anomalien der magnetischen Inklination zeigt, dass die Neigung der Magnetnadel im Norden von Moskau grösser, im Süden kleiner ist als die normale, und ebenso zeigt eine Karte der Anomalien der magnetischen Deklination, dass diese im Nordwesten kleiner, im Südosten grösser ist als die normale. Die Untersuchung dieser Thatsachen im einzelnen führt zu dem Ergebnisse, dass dort, wo die Lokalattraktion in der Umgebung von Moskau beobachtet wurde, unter dem Erdboden in der That ungeheure Eisenmassen vorhanden sein müssen, welche in einer Mittelzone südlichen, in zwei nördlich und südlich davon streichenden Nebenzonen nördlichen Magnetismus enthalten. Die Frage, in welcher Tiefe diese Eisenmassen sich befinden mögen, lässt sich nicht mit voller Sicherheit beantworten, nach der Rechnung von Fritsche ist aber anzunehmen, dass der Eisenrücken der Mittelzone schwerlich weniger als 35000 englische Fuss tief liegt. Eine Ausbeutung dieser ungeheuren Eisenlager ist also schon durch die grosse Tiefe, in welcher sie sich befinden, ausgeschlossen.

Die Verteilung der erdmagnetischen Kraft in Österreich-Ungarn für die Epoche 1890.0. Die erste magnetische Aufnahme in Österreich-Ungarn hat Karl Kreil 1843 — 1850 ausgeführt, und auf ihr sind die magnetischen Karten begründet, welche die Verteilung der erdmagnetischen Kraft in Österreich-Ungarn und dem angrenzenden südöstlichen Teile Europas für die Epoche 1850.0 darstellen [1]. Obgleich spätere magnetische Messungen mehrfach ausgeführt wurden, schien es doch wichtig, eine Wiederholung der Messungen auf dem ganzen Gebiete Österreich-Ungarns vorzunehmen. Der zu diesem Ende von J. Liznar ausgearbeitete Plan wurde 1888 von der Kaiserl. Akademie gutgeheissen und eine neue magnetische Aufnahme Österreichs mit Ausschluss Dalmatiens beschlossen, während gleichzeitig die Königl. Zentralanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus in Budapest dieselbe Aufgabe für Ungarn übernahm. Die Resultate der Messungen in Österreich, die in den Jahren 1889 bis 1893 ausgeführt wurden, liegen in der Bearbeitung von J. Liznar jetzt vor [2]. In der Einleitung giebt Liznar eine geschichtliche Übersicht der betreffenden Arbeiten, beschreibt die Instrumente und

---

[1]) Denkschriften der Mathem.-naturw. Klasse der Kaiserl. Akademie der Wissensch. **20.**

[2]) Denkschriften der Mathem.-naturw. Klasse der Kaiserl. Akademie der Wissensch. **62.** Wien 1895. 1. Teil. Erdmagnetische Messungen in Österreich.

Station	Breite	Länge östl. v. Gr.	reduziert auf die Epoche 1890.0			
			Deklination	Inklination	Horiz.-Intens.	Total-Intens.
Adelsberg . . .	45° 46.4′	14° 12.4′	10° 11.7′	61° 26.2′	2.1587	4.5149
Admont	47 35.1	14 27.8	10 9.1	62 58.0	2.0767	4.5691
Aflenz	47 32.7	15 14 7	9 45.9	62 50 8	2.0868	4.5726
Altheim	48 14.9	13 14.8	10 41.5	63 38.6	2.0416	4.5992
St. Anton . . .	47 7.9	10 16.8	11 59.4	63 4.0	2.0686	4.5669
Bleiberg	46 37.6	13 41.1	10 24.8	62 17.1	2.1161	4.5500
Blödenz	47 9.7	9 49.5	12 10.1	63 11.3	2.0650	4.5781
Bodenbach . . .	50 46 2	14 13.6	10 16.7	65 29.0	1.9362	4.6660
Bozen.	46 30.1	11 20.9	11 30.2	62 30.5	2.1012	4 5588
Bregenz	47 29.7	9 44.1	12 12.5	63 26.5	2.0496	4.5841
Brody	50 5.2	25 9.4	4 56.8	63 56.8	2.0695	4.7119
Bruck a. M. . .	47 24.8	15 16.3	9 49.1	62 38.5	2.0969	4.5629
Brünn	49 11.8	16 35.4	8 58 4	64 13.3	2.0265	4.6598
Brunneck . . .	46 47.6	11 56.6	11 13.8	62 40.2	2.0946	4.5623
Budapest	47 30 0	19 1.8	7 59.2	62 28.8	2 1177	4.5832
Budweis	48 58.6	14 27.8	10 9.3	64 8.1	2.0191	4.6283
Chiesch	50 6.4	13 15.0	10 48.8	65 0.0	1.9638	4.6467
Chlumec	50 9.1	15 27.8	9 38.7	64 42.5	1.9724	4.6168
Cilli	46 13 9	15 15.2	9 43.6	61 44.8	2.1470	4.5355
Czaslau	49 54.6	15 23.6	9 37.0	64 37.0	1.9845	4 6294
Czernowitz . . .	48 16.9	25 56.4	5 15.8	62 39.2	2.1318	4.6407
Czortkow . . .	46 1.2	25 47.6	4 37.9	62 51.5	2.1211	4.6496
Dolina	48 58.0	24 1.1	5 13.1	63 11.6	2.0936	4.6429
Eisenerz	47 32.7	14 53.9	9 57.8	62 52.8	2.0837	4.5710
Franzensbad . .	50 6.7	12 21.3	11 10.8	65 15.8	1.9570	4.6768
Gastein (Hof) . .	47 10.2	13 6.6	10 37.0	62 45.6	2.0916	4.5696
Gleichenberg . .	46 52.7	15 54.5	9 15.6	62 23.9	2·1181	4.5715
Gmünd	46 54.3	13 32.3	10 32.4	62 25.7	2.1081	4.5545
Göding	48 50.9	17 8.4	9 4.4	63 42.0	2.2515	4.6302
Görz	45 57.8	13 38.2	9 27.6	61 37.0	2.1472	4.5169
Golling	47 36.1	13 10.4	10 46.2	63 12.6	2.0702	4.5931
Gratzen	48 47.7	14 47.4	10 0.1	63 57.8	2.0300	4.6247
Graz	47 4.8	15 27.2	9 40.2	62 22.1	2.1111	4.5519
Hohenelbe . . .	50 37.7	15 36.5	9 39.3	65 15.2	1.9512	4.6612
Horn	48 39.6	15 40.1	9 20 4	63 43.7	2.0385	4.6054
Iglau	49 23.6	15 35.0	9 33.3	64 17.5	2.0052	4.6225
Imst	47 14.2	10 44.7	11 45.7	63 8.0	2.0668	4.5734
Innsbruck . . .	47 15.0	11 23.9	11 24.8	63 3.9	2.0701	4.5700
Ischl	47 42 8	13 36.8	10 33.8	63 21.9	2.0603	4.5957
Jakobisny . . .	47 26 0	25 18.8	4 58.6	61 48.4	2.1691	4.5912
St. Johann i. T. .	47 31.6	12 25.4	10 54.6	63 11.5	2.0701	4 5899
Karlsbad	50 13.5	12 53.0	10 51.8	65 12.7	1.9561	4.6655
Klagenfurt . . .	46 37.8	14 18.3	10 16.9	62 12 9	2.6154	4.5380
Klattau	49 24 1	13 18 2	10 42.0	64 31.1	1.9900	4.6255
Kolomea	48 31.2	25 2.1	5 1.3	62 52.2	2.1205	4.6501
Komotau	50 27.2	13 24.9	10 33.2	65 19 0	1.9476	4.6638
Krakau	50 3.8	19 58 1	7 20.9	64 26.9	2.0094	4.6587
Kremsmünster . .	48 3.5	14 9 0	10 15.3	63 31.1	2.0481	4.5931
Krodno	49 41.5	21 46.5	6 21.1	63 56.4	2.0434	4.6514
Laibach	46 2.7	14 30.6	10 4.7	61 34.2	2.1550	4 5265
St. Lambrecht . .	47 4.2	14 8.2	10 26.8	62 41.0	2.0880	4.5499
Landeck	47 8.2	10 34.3	11 51.3	63 4.2	2.0718	4.5745
Leipa (Böhmen) .	50 41.1	14 32.1	10 10.0	65 21.9	1.9417	4.6582
Leitomischl . . .	49 52.3	16 19.4	9 9.9	64 37.5	1.9914	4 6469

Station	Breite	Länge östl. v. Gr.	reduziert auf die Epoche 1890·0 Deklination	Inklination	Horiz.-Intens.	Total-Intens.
Lemberg	49° 48.8′	24° 1.2′	5° 10.4′	63° 56.9′	2.0588	4.6878
Lienz	46 49.9	12 45.6	10 52.0	62 35.0	2.1021	4.5652
Liezne	47 34.2	14 14.8	10 16.0	62 59.2	2 0781	4.5753
Linz	48 18.0	14 16.9	10 16 7	63 38 7	2.0417	4.5991
Lundenburg . .	48 45.6	16 52.8	9 2.4	63 45.2	2.0532	4.6428
Mals	46 41.3	10 32.8	11 48.7	62 43.7	2.0908	4.5630
Marburg	46 34.0	15 38.2	9 30.0	62 0.7	2.1309	4.5407
Melk	48 13.8	15 20.2	9 48 3	63 27.6	2.0526	4.5938
Meran	46 40.1	11 11.2	11 30.5	62 36.1	2.0948	4.5522
Nachod	50 25.1	16 9.7	9 18.6	65 2.9	1.9644	4.6566
Neuhaus	49 8.4	15 0.4	9 53 7	64 7.7	2.0155	4.6189
Neustadt, Wr. . .	47 48.4	16 15 7	9 16.9	62 55.2	2.0837	4 5772
Nisko	50 31.3	22 9.2	5 40.1	64 31.0	2.0134	4.6796
O.-Gyalla . . .	47 52.7	18 11.4	8 27.6	62 47.1	2 0931	4.5768
Olmütz	49 36.0	17 15.2	8 48.6	64 26.2	2.0047	4.6495
St. Paul	46 41.8	14 52 1	9 54.7	62 12.1	2.1204	4.5467
Pilsen	49 45.6	13 22.8	10 34.0	64 44.9	1.9770	4.6344
Pisek	49 18.7	14 8.6	10 15.9	64 18.5	2.0007	4.6149
Plan	49 32.2	12 44.1	10 45.7	64 52.9	1.9743	4 6510
Pola	44 51.8	13 50.8	10 15.5	60 42.1	2.1955	4.4865
Prag	50 5.0	14 25.3	10 0.6	64 53.3	1.9673	4.6357
Przemysl	49 37.3	22 45.7	5 34.1	63 57 2	2.0493	4.6670
Přibram	49 41.7	13 59.6	10 15.6	64 39.4	1.9875	4 6432
Radstadt	47 22.6	13 27.7	10 39.2	62 55.7	2.0841	4.5794
Rattenberg . . .	47 26.6	11 53.7	11 14.9	63 10.8	2.0678	4.5872
Rawa ruska. . .	50 14.3	23 37.3	5 6.8	64 25.7	2.0261	4.6940
Riesenau	50 10.0	16 16.9	9 14.4	64 50.6	1.9781	4 6533
Reichenberg. . .	50 46.5	15 4.1	9 57.2	65 27.4	1.9409	4 6726
Riva	45 53.5	10 51.2	11 38.8	62 0.7	2.1277	4.5338
Rzeszow	50 2.1	22 1.4	6 8 8	64 12.5	2.0314	4.6688
Rudolfswert . .	45 48.5	15 10.0	9 47.4	61 22.5	2.1649	4.5189
Salzburg	47 48.2	13 1.9	10 55.7	63 26.2	2.0516	4.5878
Sambor	49 31.0	23 11.5	5 25.3	63 46.6	2.0625	4 6671
Sandac (Alt-) . .	49 36.9	20 38.3	7 15.1	63 55 6	2.0417	4 6453
Sanok	49 33.8	22 12.4	6 3.5	63 48.3	2.0523	4.6492
Schärding . . .	48 27.5	13 26.4	10 41.4	63 48 5	2.0328	4.6056
Schottwien . . .	47 39.4	15 52.5	— —	62 49.3	2.0889	4 5733
Seelau	49 31.8	15 13.1	9 46.6	64 23.8	1 9981	4.6237
Senftenberg . . .	50 4.9	16 28.4	9 7.3	64 48 0	1.9776	4.6446
Skola	49 2.1	23 31 2	5 21.6	63 12.6	2.0914	4.6401
Stanislau	48 55.8	24 43.0	5 2.2	63 9.1	2.1016	4.6534
Strasswalchen . .	47 58.8	13 15.6	10 48.6	63 31.7	2.0462	4.5904
Stryj	59 16.2	23 52 6	5 15.9	63 27.5	2.0806	4.6562
Suczawa . . .	47 38.5	26 16.4	4 47.4	61 56.7	2:1589	4 5903
Tarnopol	49 33.2	25 33.9	5 10.4	63 36.4	2.0755	4.6690
Tarnow	50 1.2	20 59.1	6 49.4	64 17.8	2.0213	4.6605
Teplitz	50 38.3	13 49.2	10 29.0	65 26.5	1.9393	4.6660
Teschen	49 44.5	18 38.6	8 4.7	64 17.7	2.0164	4.6489
Trient	46 4.0	11 8.2	11 34.0	62 6.8	2.1193	4.5911
Triest	45 38.7	13 45.9	10 25.0	61 22.8	2.1635	4.5167
Troppau	49 57.2	17 54.7	8 28.8	64 35.4	2.0009	4.6631
Vöcklabruck . .	48 0.4	13 39.2	10 29.5	63 27.0	2.0486	4.5832
Wieliczka . . .	49 59.1	20 3.9	7 30.6	64 14.7	2.0180	4.6442
Wien	48 14.9	16 21.6	9 11.1	63 17.2	2.0670	4.5982
Znaim	48 51.6	16 2.9	9 11.7	63 50.2	2 2388	4.6239

Beobachtungsmethoden, sowie die Reduktion auf eine bestimmte Epoche, und giebt dann das Detail der einzelnen Messungen in aller wünschenswerten Vollständigkeit. Am Schlusse befindet sich eine alphabetische Zusammenstellung der Stationen, ihrer geographischen Koordinaten und der auf die Epoche 1890.0 reduzierten Werte für die magnetische Deklination, Inklination, Horizontal- und Totalintensität. Diese Tafel, das Ergebnis der gesamten Beobachtungen und Rechnungen, ist auf Seite 140 und 141 wiedergegeben.

Die säkulare Veränderung des Erdmagnetismus. v. Tillo hat[1]) aus 21 Isogonenkarten (1540, 1580, 1600, 1610, 1640, 1655, 1680, 1700, 1710, 1720, 1730, 1744, 1756, 1770, 1787, 1800, 1829, 1842, 1858, 1880, 1885) und sieben Isoklinenkarten (1600, 1700, 1780, 1829, 1842, 1880, 1885) für alle Punkte, die auf den Breitenkreisen 0° bis 80° nördl. Br. und 0° bis 60° südl. Br. um je 10° voneinander abstehen, die Werte der Deklination und Inklination entnommen, und nach diesen Daten Kurven gezeichnet, aus denen wieder die den Epochen 1550, 1600, 1650 u. s. w. bis 1900 zukommenden Werte ermittelt werden konnten. Folgende Zusammenstellung enthält z. B. die Werte für einen Punkt, dessen Breite 50° nördl. und dessen Länge 20° westl. von Greenwich ist.

Epoche:	1550	1600	1650	1700	1750	1800	1850	1900.
Deklination:	—10.0°	—4.0°	1.5°	8.0°	12.5°	15.0°	12.0°	6.0°.
Inklination:	—	—	—	70.0	68.9	66.4	64.3	64.1.

Die in dieser Weise für 504 Punkte ermittelten Werte bezeichnet Verf. als magnetische Ephemeriden.

Mit Hilfe dieser Ephemeriden wurde für jeden der 504 Punkte die Richtungsänderung der Magnetnadel durch eine Kurve dargestellt, welche eine unregelmässige, einer 8 ähnliche Form zeigt (Schleife); der Sinn der Bewegung hängt natürlich von dem betreffenden Teile der Schleife ab. Der Hauptsache nach zeigt die säkulare Bewegung der Magnetnadel eine Ähnlichkeit mit der täglichen Bewegung derselben.

Aus den Kurven der einzelnen Punkte leitete Verf. für die Epoche 1950 approximative Werte der Deklination und Inklination ab. Solche Werte enthält die folgende kleine Tabelle, welche Verf. mitteilt.

Näherungswerte der Deklination und Inklination für 1950.

Europa

Länge E v. Gr.	0°		10°		20°		30°	
Breite	D.	I.	D.	I.	D.	I.	D.	I.
60° N	8°	71°	4°	70°	—3°	71°	—7°	71°
50 »	8	65	5	65	—1	64	—4	64
»	8	55	4	56	—1	54	—2	56

[1]) Compt. rend. 70. 1895. Avril 16.

Atlantischer Ozean (südl. vom Golf v. Guinea)

Länge v. Gr.	10° W		0°		10° E	
Breite	D	I	D	I	D	I
0°	20°	— 9°	9°	—18°	3°	—25°
10° S	23	—25	11	—32	10	—37
20 »	29	—36	18	—42	15	—49

Hierin bedeuten die positiven Werte +, dass das Nordende der Nadel nach W und unter den Horizont abgelenkt ist.

Die Säkularvariation des Erdmagnetismus bildet den Gegenstand einer sehr wichtigen Arbeit von L. A. Bauer[1]). Er bediente sich für seine Untersuchungen der schon von Quetelet angewandten Methode zur Darstellung der Bewegung einer magnetischen Nadel, die darin besteht, die Kurve zu erhalten, welche das Nordende der Nadel auf einer um ihren Schwerpunkt beschriebenen Kugelfläche wiedergiebt. Von den so auf rechnungsmässigem Wege ermittelten Säkularkurven sind besonders diejenigen für London, Paris und Rom genauer dargestellt, und der Verf. kommt zu dem Ergebnisse, dass überall auf der Erdoberfläche das Nordende der Nadel, vom Aufhängungspunkte derselben aus gesehen, sich im Sinne der Drehung des Uhrzeigers bewegt. Welcher Art die Säkularkurven der erdmagnetischen Variation sind, lässt Verf. unbestimmt, vielleicht handelt es sich nach seiner Meinung nicht einmal um geschlossene Kurven.

Der Einfluss der Erdbeben auf die Aufzeichnungen der magnetischen Elemente ist von W. Eschenhagen erörtert worden[2]). »Der Einfluss der Erdbeben auf magnetische Beobachtungen,« sagt er, »ist bereits vor längerer Zeit konstatiert; so hat Alexander von Humboldt in den Anden Südamerikas eine auffallende Verminderung der Inklination der Magnetnadel nach den Erdbeben von 1799 und 1802 bemerkt. Eine neuere Untersuchung von Tanakadate und Nagaoka in Japan in dieser Richtung hat kein sicheres positives Ergebnis geliefert; es ist zweifelhaft, wenn auch nicht ganz unwahrscheinlich, dass das grosse japanische Erdbeben vom 27. Oktober 1891 eine andere Verteilung der erdmagnetischen Kräfte in der Nachbarschaft des Epizentrums bewirkt hat.

Nach einer anderen Richtung liegen zahlreichere Erfahrungen vor; es sind mehrfach die Magnetnadeln bei Erdbeben in Schwingungen geraten. Von älteren Beobachtungen dieser Art sind zu erwähnen die von Arago 1822, Kreil, Lamont, welcher bei einem Erdbeben in Griechenland am 18. April 1842 in München momentanen Beginn von Schwingungen der Magnetnadel bemerkte.

Derartige Beobachtungen konnten natürlich bedeutend zuverlässiger gesammelt werden, seitdem man angefangen hat, die fortlaufenden Änderungen der erdmagnetischen Kräfte an vielen Orten

---

1) Inaugural-Dissert. Berlin 1895.
2) Abh. d. K. Preuss. Akademie d. Wissenschaften 1895.

zu registrieren. Die photographische Methode, welche man hierbei seit Ende der fünfziger Jahre benutzt, konnte aber genügende Resultate bei so minutiösen Erscheinungen erst geben, nachdem im Jahre 1882 durch Anwendung des Bromsilbergelatinepapiers ein bedeutsamer Fortschritt erzielt worden war.

Während nun die erheblichen Katastrophen des Krakatao und von Ischia nirgends einen Einfluss auf die magnetischen Instrumente gezeigt haben, sind Aufzeichnungen an mehreren Orten bemerkt von dem andalusischen Erdbeben 25. Dezember 1884, von dem Erdbeben an der Riviera 23. Februar 1889, Wernoe (Turkestan) 12. Juli 1889, Oberitalien 7. Juni 1891, Japan 27. Oktober 1891, Bukarest 14. Oktober 1892. Im Jahre 1893 ferner sind verschiedene Erdbeben in Griechenland registriert, ebenso 1891 mehrere Beben, zu deren letzten das Erdbeben von Konstantinopel am 10. Juli 1894 gehört.

Zunächst ist aus dieser flüchtigen Zusammenstellung zu entnehmen, dass anscheinend nur die tektonischen Beben, nicht die vulkanischen einen Einfluss auf die Magnetinstrumente ausüben, ein Resultat, welches bei weiterer Bestätigung sicher Beachtung verdient.

In allen Fällen, wo dem Verf. Aufzeichnungen zu Gesichte gekommen sind, besteht die Einwirkung eines fernen Erdbebens darin, dass die photographisch gezeichnete Kurve des betreffenden magnetischen Elementes (Deklination, Horizontal- oder Vertikalkraft) plötzlich in ihrem Verlaufe unterbrochen wird, indem die Nadel in schnelle Schwingungen gerät, so dass die Aufzeichnung eine verwaschene, mehr oder minder breite Fläche darstellt, die, wenn keine neuen Stösse erfolgen, allmählich wieder zur gewöhnlichen Stärke der Kurve herabsinkt. Sehr charakteristisch ist in dieser Hinsicht die von dem Deklinatorium am 10. Juli 1894 in Potsdam gelieferte Kurve, die in der Originalabhandlung in Originalgrösse wiedergegeben ist. Die Mittellage der Schwingungen stellt hier mit grosser Sicherheit die Fortsetzung der Kurve vor, so dass also durch den Erdbebenstoss keine dauernde Änderung der magnetischen Kraft hervorgebracht wird, ein Punkt, der nicht ohne Bedeutung ist.

Man kann solche ganz ähnliche verwaschene Stellen in den Kurven hervorbringen, indem man der Magnetnadel einen plötzlichen Ausschlag erteilt, z. B. durch schnelles Annähern und Entfernen eines kleinen Magnetes oder eisenhaltiger Gegenstände, aber auch durch mechanische Erschütterungen, z. B. durch heftiges Anstossen an den Instrumentenpfeiler. Dagegen haben jene Schwingungen keinerlei Ähnlichkeit mit einer sogenannten magnetischen Störung, deren Verlauf — abgesehen von der längeren Dauer — nie aus einem regelmässigen Hin- und Herpendeln um eine Mittellage besteht.

»Dieser Umstand spricht hinreichend dafür, dass die Erscheinung nur mechanischer Natur ist, und dass das Instrument wie ein Seïsmograph gewirkt hat. Es sind meines Wissens auch nur von einer

Seite Bedenken gegen diese Auffassung gemacht worden, und zwar seitens des magnetischen Observatoriums im Parc St. Maur bei Paris, wo man zur Kontrolle Kupferstäbe bifilar aufgehängt hat — ähnlich wie den Magnet im Bifilarmagnetometer. Diese Stäbe haben keine Schwankungen gezeigt, während die Magnetstäbe von einem Erdbeben in Schwingungen versetzt worden sind. Es würde hierin in der That ein Hinweis auf die magnetische Natur der Erscheinung gefunden werden können, wenn nicht der erhebliche Einwand bestände, dass ein bifilar aufgehängter Kupferstab sich in einer viel stabileren Lage befindet als der Magnetstab, bei welchem infolge der Verdrehung der oberen gegen die untere Aufhängung ein wenig stabiles und durch sehr geringe Erschütterungen zu beeinflussendes Gleichgewicht zwischen magnetischer Horizontalkraft und Torsionskraft der beiden Fäden besteht. Gegen eine rein magnetische Natur der Erscheinung spricht aber vor allem der Umstand, dass alsdann die Schwingungen an allen Observatorien fast genau gleichzeitig auftreten müssten, ähnlich wie die magnetischen Störungen während man doch aus der Verschiedenheit der Eintrittszeiten an verschiedenen Observatorien Werte für die Geschwindigkeiten der Erdbebenwelle ableiten kann, die — wie bereits H. Wild bemerkt — denen der Geschwindigkeit des Schalles in festen Körpern nahekommen.

Es wäre wohl noch die Möglichkeit denkbar, dass zwar nur eine mechanische Fortpflanzung der Erschütterung stattfindet, dass dieselbe aber gewissermassen auslösend auf das Gleichgewicht der magnetischen Erdkräfte einwirkte. Diese Auffassung ist zunächst nicht von der Hand zu weisen, wenn man erwägt, dass nach den eingangs gemachten Bemerkungen eine Änderung der magnetischen Kraftverteilung durch Erdbeben nicht ausgeschlossen ist, doch schwindet die Wahrscheinlichkeit dieser Annahme sehr, wenn man berücksichtigt, dass noch in keinem Falle bei den fraglichen Schwingungen eine dauernde Änderung des Standes der Magnetnadel mit Sicherheit nachgewiesen ist, sondern dass die Nadel bei sonstigem ruhigen Verlaufe allmählich wieder auf die alte Stellung zurückgekehrt ist. Für eine solche Annahme der Kombination von mechanischer und magnetischer Wirkung fehlen jedenfalls zur Zeit noch die stützenden Thatsachen, und man ist genötigt, zur Erklärung allein die mechanische Erschütterung der magnetischen Instrumente durch den sich fortpflanzenden Erdbebenstoss heranzuziehen. Es dürfte vielleicht sogar möglich sein, aus der Art, wie die drei verschiedenen magnetischen Variationsapparate — Unifilar, Bifilar und Wage — beeinflusst werden, also aus der Grösse der Amplitude der Schwingungen, einen Schluss auf die Art der seismischen Welle zu ziehen. Auch ist es nicht ausgeschlossen, dass z. B. ein Instrument wie die Wage, welches wesentlich auf undulatorische Bewegungen reagieren wird, zu einer früheren oder späteren Zeit in Schwingungen versetzt wird als die anderen Instrumente. Vorläufig

erscheinen aber die Zeitmessungen zur Bestimmung solcher Unterschiede noch zu ungenau, und für den ersteren Zweck wäre überdies eine Kenntnis der schwingenden Massen notwendig.

Auf jeden Fall aber dürfte man mittels der Aufzeichnungen der magnetischen Instrumente in der Lage sein, die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der Erdbebenwellen zu ermitteln, was umso schätzenswerter ist, als empfindliche Seïsmographen immer noch wenig aufgestellt sind. Für diese Verwendung ist natürlich eine möglichst genaue Zeitbestimmung des Eintrittes der Schwingungen von Wichtigkeit, ein Punkt, der nicht immer genügend Beachtung gefunden hat.«

Die Aufzeichnungen der selbstregistrierenden magnetischen Apparate geschehen in der Weise, dass auf einem Papiere Linien entstehen, die im allgemeinen einen wellenförmigen Verlauf mit mehr oder weniger grossen Zacken zeigen. Zur genauen Ermittelung des Zeitmomentes, in welchem der registrierende Apparat durch ein Erdbeben gestört wurde, schlägt nun Dr. Eschenhagen vor, die Zacken der magnetischen Kurven der selbstregistrierenden Apparate zu benutzen. Dieser Vorschlag beruht auf der Annahme, dass die magnetischen Störungen auf der ganzen Erde merklich gleichzeitig eintreten, und dass alle Zacken und Spitzen der Kurven sich bei benachbarten, z. B. bei allen europäischen Stationen — nur wenig modifiziert — wiederfinden, so dass man in denselben eine Art allgemeingiltiger Zeitsignale besitzt. »Festgestellt ist bis jetzt allerdings nur so viel, dass die Zeiten der Störungsausbrüche innerhalb eines grossen Gebietes bis auf die Unsicherheit der Zeitangaben übereinstimmen; damit ist aber erwiesen, dass sich etwaige wirkliche Differenzen auch für sehr entlegene Orte jedenfalls auf geringe Beträge beschränken, und aus diesem Grunde ist es gestattet, die Zacken einer Kurve, die sich auf benachbarten Observatorien wiederfinden, geradezu als synchron zu betrachten und sie zur Zeitermittelung zu benutzen. Um auf absolute Zeit zu kommen, braucht man die Zeit nur von einer Station zu kennen, oder auch garnicht, wenn es sich nur darum handelt, die Zeitdifferenz zwischen den Registrierungen eines Erdbebenstosses an verschiedenen Observatorien, von denen magnetische Kurven vorliegen, und daraus die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erschütterung zu ermitteln.

Dies Verfahren ist im folgenden durch ein Beispiel erläutert, welches besonderes Interesse bietet durch die erhaltenen Fortpflanzungsgeschwindigkeiten. Es betrifft das jüngste Erdbeben in Konstantinopel am 10. Juli 1894, welches ausser in Bukarest, von wo durch das Stehenbleiben zweier Pendeluhren eine sehr präzise Zeitbestimmung vorliegt, von einer grösseren Anzahl magnetischer Observatorien aufgezeichnet wurde. Hier sollen von denselben nur die drei berücksichtigt werden, welche mit Bukarest und Konstantinopel nahezu auf einem grössten Kreise liegen, die Observatorien in Beuthen, Potsdam und Wilhelmshaven. An ersterem wird nur

die magnetische Deklination für bergbauliche Interessen nach mitteleuropäischer Zeit aufgezeichnet, und der Abscissenmassstab beträgt 22.5 *mm* pro Stunde. In Potsdam wie in Wilhelmshaven sind vollständige magnetische Observatorien, und die Zeitmassstäbe betragen 20.5 *mm*, bezw. 15.0 *mm*. Von Beuthen ist die Uhrkorrektion nur bis auf ein oder zwei Minuten sicher, es ist also hier das obige Verfahren am Platze.

Wenn für mehrere kleine Zacken, welche auf zwei von den drei Observatorien übereinstimmend verzeichnet sind, die Kurvenzeiten, d. h. die ohne irgend welche Korrektionen von den Registrierbogen vermittelst ihrer Zeitskala abzulesenden Zeiten ermittelt werden, so ergiebt sich folgende Vergleichung:

Datum	Zacke	Beuthen Kurvenzeit		Potsdam Kurvenzeit		Differenz Beuthen — Potsdam
		h	m	h	m	m
10. Juli	1	9	32.7	9	26.5	+ 6 2
10. »	2	10	12.9	10	6 5	+ 6 4
11. »	3	6	21.2	6	15.0	+ 6.2
					Mittel	+ 6.27^m

Datum	Zacke	Wilhelmshaven		Potsdam		Differenz Wilhelmshaven — Potsdam
		h	m	h	m	
10. Juli	1	7	0.0 a. m.	7	18.0	— 18.0
	2	7	14.7	7	32.5	— 17.8
	3	9	7.3	9	26.5	— 19.2
	4	9	24 9	9	43.0	— 19 0
	5	9	48 0	10	6.5	— 18.5
	6	10	58.7 p. m.	11	16.5	— 17.8
					Mittel	— 18 4^m

In der folgenden Tabelle sind nun zunächst die Zeiten des ersten starken Erdbebenstosses am 10. Juli wiedergegeben, wie dieselben nach dem Beginne der Deklinationsschwankungen den Kurven entnommen sind. Diese Ortskurvenzeiten sind mit Hilfe der vorhin abgeleiteten Zeitdifferenzen alsdann auf Potsdamer Kurvenzeit reduziert, endlich erhält man mittlere Potsdamer Zeit durch Anbringen der für Potsdam giltigen Korrektionen im Gesamtbetrage von $+1^m\ 28^s$.

Station	Ortskurvenzeit	Potsd. Kurvenzeit	Potsd. mittl. Z.
	h m s	h m s	h m s
Beuthen . . .	11 29 33 a. m.	11 23 17 a. m.	11 24 45 a. m.
Potsdam . . .	11 26 30	11 26 30	11 27 58
Wilhelmshaven.	11 10 0	11 28 24	11 29 52

In Konstantinopel wurde der erste Erdbebenstoss nach Dir. Coumbary um $0^h\ 24^m$ p. m. mittl. Z. Konst. bemerkt, einige Uhrmacher geben an $0^h\ 20.5^m$ und $0^h\ 21.7^m$, eine weitere Angabe

findet sich in Flammarion l'Astronomie Bd. 13, p. 311, zu $0^h\ 23^m = 11^h\ 20.0^m$ mittl. Z. Potsdam. Da alle Werte einige Unsicherheit zu besitzen scheinen, so wurde der letztgenannte Wert, der dem Mittel nahe kommt, gewählt. Für Bukarest, wo zwei Pendeluhren durch den Stoss angehalten wurden, liegt der sichere Wert $0^h\ 30^m\ 11^s$ (Zeit des 30. Meridians) $= 11^h\ 22^m\ 26^s$ mittl. Z. Potsdam vor.

Sämtliche Daten sind in der folgenden Tabelle wiedergegeben, die zugleich die Differenzen der Stosszeiten Δt von je zwei aufeinanderfolgenden Stationen nebst den entsprechenden Entfernungen Δe und den abgeleiteten Geschwindigkeiten v (Kilometer pro Sekunde) enthält.

Station	Stosszeit	Δt	Δe	v
	h m s	s	km	km
Konstantinopel . .	11 20 0 a. m. mittl. Z P.	146	440	3.0
Bukarest	11 22 26	139	805	5.8
Beuthen	11 24 45	193	465	2 4
Potsdam	11 27 58	114	360	3 2
Wilhelmshaven . .	11 29 52			

Bei Vergleichung der so berechneten Geschwindigkeiten mit anderweitig erhaltenen Werten fällt besonders die hohe Zahl für die Strecke Bukarest-Beuthen auf. Für das nämliche Erdbeben leitet Wild die Fortpflanzungsgeschwindigkeit 3.5 *km* ab für die Strecke Konstantinopel-Pawlowsk, ferner findet Davison für verschiedene Stationen Werte, die von 2.5 *km* bis 4.5 *km* variieren, im Mittel erhält er 3.4 *km*. Bei dem andalusischen Erdbeben vom 25. Dezember 1884 und dem Erdbeben an der Riviera vom 23. Februar 1887 hat Fouquet die mittleren Werte 3.1 *km*, bezw. 1.4 *km* abgeleitet. Derselbe findet als höchste Geschwindigkeit aus Versuchen in verschiedenen Bodenarten den Wert von 3.1 *km* im Granit.

Es dürfte hiernach schwer sein, dem obigen Werte von 5.8 *km* für die Strecke Bukarest-Beuthen volle Realität beizumessen, nimmt man aber selbst noch einen Zeitfehler von 30 Sek. für Beuthen an — höher dürfte man, da gerade die Beuthener Kurven den grössten Massstab für die Abscissen (22.5 *mm*) haben, wohl nicht gehen —, so bleibt noch immer ein Wert von 5 *km* bestehen, während alsdann für die Strecke Beuthen-Potsdam eine den übrigen Zahlen besser entsprechende Geschwindigkeit herauskäme.

Es liegt nun nahe, einen Erklärungsgrund für den hohen Wert in dem Umstande zu suchen, dass zwischen Bukarest und Beuthen sich das ganze Massiv des Karpathengebirges erstreckt, in dem eine schnelle Fortpflanzung sehr wahrscheinlich ist; anderseits könnte man die geringe Geschwindigkeit zwischen Beuthen und Potsdam durch die Bodenbeschaffenheit des märkisch-schlesischen Tieflandes erklären. Nicht ohne Einfluss dürfte vielleicht auch die Beschaffenheit

der unmittelbar unter den Observatorien befindlichen Bodenmassen sein, die in Wilhelmshaven und Potsdam bis zu beträchtlichen Tiefen aus Sand bestehen, während in Beuthen das feste Gebirge weniger tief steht.

Das einmalige Resultat ist nun freilich nicht geeignet, alle diese Erklärungen über den Rang blosser Vermutungen hinwegzuheben, insbesondere muss man die Bestätigung des Einflusses der Karpathen von einer zufälligen Wiederholung der Beobachtung abwarten. Dagegen ist es von Interesse, die geringe Geschwindigkeit zwischen Potsdam und Beuthen durch ein anderes Erdbeben bestätigt zu sehen, welches sich am 22. März 1894 in umgekehrter Richtung fortpflanzte oder doch in Beuthen später eintraf als in Potsdam. Da das Epizentrum der Erschütterung mir nicht sicher identifiziert scheint[1]), so kann natürlich eine Geschwindigkeit nur für den Fall der Fortpflanzung in der Richtung Potsdam-Beuthen abgeleitet werden, die aber offenbar einen Maximalwert vorstellt.

Steht die Erdbebenwelle nicht senkrecht auf dieser Verbindungslinie, so ist die wahre Fortpflanzungsgeschwindigkeit kleiner als jener Wert, den man aus den Beobachtungen an diesen beiden Orten auf die eben angegebene Weise ermittelt hat, und den man passend als scheinbare Fortpflanzungsgeschwindigkeit bezeichnen könnte.

Es sind bei dem genannten Erdbeben an beiden Orten zwei Stösse beobachtet, in Potsdam um $11^h\ 59^m\ 0^s$ a. m. und $0^h\ 2^m\ 0^s$ p. m. Ortskurvenzeit, in Beuthen um $0^h\ 7^m\ 24^s$ p. m., bezw. $0^h\ 10^m\ 12^s$ p. m. Die Reduktion der Zeiten ergab aus Vergleichung zweier Zacken übereinstimmend $4^m\ 54^s$, so dass die Erdbebenstösse nach Potsdamer Kurvenzeit in Beuthen eintrafen um $0^h\ 2^m\ 30^s$, bezw. $0^h\ 5^m\ 18^s$, demnach kam die Welle um $3^m\ 30^s$, bezw. $3^m\ 18^s$ später nach Beuthen als nach Potsdam. Zu der Maximalwegdifferenz von 465 *km* sind also im Mittel 204 Sek. gebraucht worden, mithin ergiebt sich eine Geschwindigkeit von 2.3 *km* pro Sekunde.

Es wird sich vielleicht Gelegenheit bieten, diese Berechnungen bei etwaigen Wiederholungen der Erscheinungen aufs neue anzustellen, und es dürfte fraglos sein, auf diese Weise manchen schätzenswerten Beitrag zur geophysikalischen Forschung zu gewinnen. Zur Erhöhung der Sicherheit ist es aber notwendig, bei den photographischen Aufzeichnungen, sowohl hinsichtlich der Kurven selbst, als durch die Zeitangaben, die grösstmögliche Schärfe und Genauigkeit anzustreben, insbesondere aber wäre es wünschenswert, dass die Bearbeitung derartiger interessanter Erscheinungen einheitlich von einem Gelehrten geschähe, dem dazu von seiten der Observatorien die Originale der Kurven oder doch gute Kopien zur Einsicht übersandt werden müssten; alsdann dürften manche

[1]) Nach Mitteilung von v. Rebeur-Paschwitz liegt es bei Japan.

Ungenauigkeiten vermieden, manche Einzelheiten dagegen besser erkannt werden.«

Über den Zusammenhang zwischen der erdmagnetischen Horizontalintensität und der Inklination verbreitet sich Dr. H. Fritsche[1]). Gauss hat in seiner Abhandlung: »Allgemeine Theorie des Erdmagnetismus«, im Jahre 1838 gezeigt, dass man die unendlichen Reihen, durch welche die an irgend einem Orte der Erdoberfläche senkrecht zu einander wirkenden erdmagnetischen Kräfte X, Y, Z dargestellt werden, aus einer einzigen Funktion V der geographischen Länge und des Winkelabstandes vom astronomischen Nordpole nach bekannten mathematischen Regeln ableiten könne. Ferner beweist Gauss, dass, wenn X oder Z gegeben sind für die ganze Erdoberfläche, man daraus die anderen beiden Komponenten, resp. Y, Z oder X, Y ableiten könne; ebenso auch folgert er, dass man alle Kraftäusserungen des Erdmagnetismus berechnen könne, wenn Y für die ganze Erdoberfläche und X für irgend eine Linie, welche auf der Erdoberfläche liegend den astronomischen Nordpol mit dem Südpole verbindet, bekannt sind.

Es ist von Gauss selbst und nach ihm später von anderen Gelehrten öfter hervorgehoben, dass die eben besprochenen Beziehungen zwischen V, X, Y, Z sehr merkwürdig seien, aber, bemerkt Fritsche, soviel ich weiss, hat niemand die eigentliche Ursache davon erwähnt, obgleich sie mit dem Wesen der Gauss'schen allgemeinen Theorie des Erdmagnetismus eng verknüpft ist.

»Setzt man nämlich voraus, dass V ganz bekannt sei, so heisst das mit anderen Worten, man nimmt an, dass alle magnetischen Massen der Erde ihrer Grösse und Lage nach gegeben sind, dann ist es natürlich nicht zu verwundern, dass man alle Kräfte dieser Massen bestimmen kann, weil das Fundamentalgesetz der Wechselwirkung der magnetischen Massenelemente dasselbe wie bei der Gravitation ist. Ebenso schliesst die völlige Kenntnis der Reihen für X, Z oder Y, im Grunde genommen, diejenige aller magnetischen Massen der Erde ihrer Grösse und Lage nach in sich, da die Koeffizienten der Reihen von den Massen abhängen. Zugleich folgt aber daraus auch, dass die Gauss'sche Theorie, sofern sie angewandt werden soll, ganz von den Beobachtungen abhängt, und sie daher aus ungenauen Interpolationsformeln besteht, welche bis jetzt mit den Beobachtungen nicht haben in Einklang gebracht werden können und wahrscheinlich nie gebracht werden, indem sich in neuerer Zeit herausgestellt hat, dass sich ein grosser Teil der auf unsere Apparate wirkenden magnetischen Massen im Erdboden, auf den wir treten, befindet oder doch der Erdoberfläche sehr nahe liegt, weshalb die bis jetzt berechneten Reihen für V, X, Y und Z nur eine rohe

---

[1]) Fritsche, Erdmagnetische Horizontalintensität und Inklination. Mit 29 Tafeln. Petersburg 1895.

Annäherung an die Wahrheit gewähren, da sie viel langsamer konvergieren, als Gauss seiner Zeit annahm.«

»Nach meinen Untersuchungen,« fährt Fritsche fort, »hat jeder Ort seine »Lokalabweichung«, und weit ausgedehnte, grosse Anomalien sind über die ganze Erdoberfläche verbreitet.

In seiner allgemeinen Theorie des Erdmagnetismus bespricht Gauss die vor ihm von Tobias Mayer und Hansteen gemachten Versuche, die beobachteten Erscheinungen des Erdmagnetismus durch Hypothesen und danach abgeleitete, möglichst einfache Formeln darzustellen: Tobias Mayer nahm einen (fingierten) kleinen Magnet in der Nähe des Erdmittelpunktes, Hansteen zwei solcher Magnete an und entwickelte demgemäss Formeln, welche den Beobachtungen nur sehr roh entsprachen. Gauss sagt: »Es wird (damit) nicht geleugnet, dass mit einer grösseren Anzahl solcher fingierter Magnete zuletzt eine genügende Übereinstimmung — zwischen Beobachtung und Rechnung — erreicht werden könnte: allein eine ganz andere Frage ist, ob eine solche Form der Auflösung der Aufgabe geraten sein würde; es scheint in der That, dass die schon bei zwei Magneten so überaus beschwerlichen Rechnungen für eine bedeutend grössere Zahl der Ausführbarkeit unübersteigliche Schwierigkeiten entgegensetzen würden. Das Beste wird sein, diesen Weg ganz zu verlassen, der unwillkürlich an die Versuche erinnert, die Planetenbewegungen durch immer mehr gehäufte Epicykeln zu erklären.«

Wenn nun auch dieses Urteil eines der grössten Gelehrten aller Zeiten wohl begründet ist, so erinnern doch auch Gauss' Interpolationsformeln, welche er an die Stelle der früheren Formeln gesetzt hat, ebenfalls an die Epicykeln, da sie aus unendlichen, sehr langsam — streng genommen vielleicht gar nicht — konvergierenden Reihen bestehen, welche die Beobachtungen um so besser darstellen, je mehr Glieder aus letzteren berechnet werden.«

»Man darf nicht hoffen,« sagt Fritsche weiter, »eine vom Beobachtungsorte unabhängige, exakte, einfache Formel zwischen der Horizontalintensität T und der Inklination i in den Beobachtungen zu entdecken, da magnetische Lokalabweichungen überall auf der Erde verbreitet sind. Nimmt man aber eine einfache Gleichung zwischen T und i als bestehend an, so wird man mit einer genäherten Darstellung der Beobachtungen durch dieselben zufrieden sein und der Örtlichkeit, zu welcher T und i gehören, Rechnung tragen müssen. Der erste derartige Versuch ist von Lamont im Jahre 1859 gemacht worden. Sein bekanntes Gesetz lautet: $\operatorname{tg} i = a\,(0.592 - \lg T)$, worin a eine Konstante, von Lamont = 7.15 gesetzt, bedeutet, und stellte die Inklinationen der mitteleuropäischen Orte innerhalb $\pm 15'$ dar. Es zeigte sich jedoch bald, dass a mit Länge und Breite variierte. So z. B. verändert sich nach F. Müller's Rechnungen a für Europa und einen Teil Nordasiens zwischen 7 und 11 in sehr komplizierter Weise, obgleich dies doch nur ein sehr kleiner Teil der Erdoberfläche ist.

Um nun über den Wert der Lamont'schen Formel ein entscheidendes Urteil zu gewinnen, berechnete Fritsche den Faktor a vermittelst der von Gauss in seinem Atlas des Erdmagnetismus gegebenen Inklinationen i und Horizontalintensitäten T.

Er fand, dass a sehr viel mit Länge und Breite, im ganzen um das Zwei- bis Dreifache seiner selbst variiert, er hat deshalb die Lamont'sche Formel abgeändert und für die verschiedenen Erdzonen bestimmte Formeln aufgestellt, sowie Tafeln berechnet, aus denen man die einzelnen Werte ohne Mühe entnehmen kann.

Isanomalen des erdmagnetischen Potentials. Nach Analogie der von Dove eingeführten meteorologischen Isanomalen hat Prof. v. Bezold magnetische Isanomalen entworfen [1]. Er giebt auf einer Karte die Isanomalen für die Epoche 1880, die er aus der von v. Quintus Icilius bearbeiteten Karte des magnetischen Potentials für den genannten Zeitpunkt konstruiert hat. Er bestimmte die Werte des Potentials von 10 zu 10 Breitengraden und von 20 zu 20 Längengraden und machte den ersten Versuch, im allgemeinen den Verlauf der Isanomalen zu ermitteln. Aus den Zahlen wurden nun zunächst die Mittelwerte des Potentials für die Parallelkreise, von 10 zu 10 Graden weiterschreitend, abgeleitet, sowie für die beiden Pole. Hierbei ergaben sich nun sofort zwei höchst überraschende Resultate:

Erstens zeigte sich, dass die Mittelwerte des Potentials für die gleichen nördlichen und südlichen Breiten nahezu gleich sind und sich nur durch das Vorzeichen voneinander unterscheiden, ganz im Gegensatze zu den Mittelwerten der Temperatur, welche sehr grosse Unterschiede aufweisen. Zweitens fand sich, dass diese Mittelwerte beinahe genau durch die Formel $V_n = K \sin \beta$ dargestellt werden, in welcher β die Breite und K eine Konstante bedeutet. Die Abweichungen zwischen den empirisch gefundenen und den nach der Formel berechneten Werten sind so gering, dass die Formel ein wirkliches Naturgesetz darzustellen scheint, und die aus derselben sich ergebenden Werte als Normalwerte betrachtet werden dürfen.

»Das hier gefundene Ergebnis,« sagt v. Bezold, »scheint mir vorerst das merkwürdigste der ganzen Untersuchung. Es muss um so mehr in Staunen versetzen, je unregelmässiger sich die Verteilung der erdmagnetischen Elemente in Wahrheit darstellt, und je weniger Symmetrie die beiden Halbkugeln in dieser Hinsicht zu zeigen scheinen.« Im Verlaufe der Isanomalen ist diese Asymmetrie am deutlichsten ausgeprägt. Die Pole der Isanomalen liegen nämlich nicht auf dem Äquator oder zu beiden Seiten desselben, sondern beide liegen auf der südlichen Halbkugel, der eine in 26° südl. Br. und 44° westl. L., der andere in 49° südl. Br. und 140°

[1]) Sitzungsberichte der kgl. preuss. Akademie der Wissensch. 1895. p. 363.

östl. L. Dabei verhält sich der erste, etwa $4\,^1/_2{}^0$ südlich von Rio de Janeiro liegende Pol, wie der magnetische Nordpol, d. h. er zieht das Nordende der Nadel an, der andere aber, der etwa 10^0 südlich und 6^0 westlich von Melbourne zu suchen ist, wie der magnetische Südpol der Erde.

Dieser gewaltigen Ungleichheit der Gestalt der Isanomalen auf der nördlichen und südlichen Halbkugel gegenüber muss die fast vollkommene Symmetrie und der einfache Verlauf der Mittelwerte des Potentials für die einzelnen Parallelkreise um so mehr überraschen und die Vermutung nahe legen, dass dieser Verlauf von der säkularen Änderung unbeeinflusst sei. Ja es hat sogar, nach den von v. Tillo für die Epochen 1829 und 1885 berechneten Werten, den Anschein, als ob auch die Konstante K ihren Wert 0.330 beibehalte oder wenigstens nur geringe Änderungen erfahre.

»Eine weiter gehende Diskussion über den Verlauf der Isanomalen scheint dem Verf. zur Zeit noch verfrüht, insbesondere möchte er es auch noch nicht wagen, über den Einfluss der Verteilung von Festland und Wasser Vermutungen aufzustellen, obwohl die Versuchung hierzu nahe liegt. Es dürfte sich empfehlen, hiermit zu warten, bis Isanomalenkarten für verschiedene Epochen vorliegen, um entscheiden zu können, in welchem Masse und in welcher Weise diese Linien der Säkularvariation unterworfen sind. Erst dann wird sich zeigen, ob bestimmte Eigentümlichkeiten hiervon unbeeinflusst bleiben, was ja unbedingt der Fall sein müsste, wenn der doch ziemlich unveränderlichen Verteilung von Wasser und Land hierbei eine Rolle zufiele.«

Der Einfluss der Planeten auf den Erdmagnetismus. Eine sehr merkwürdige Untersuchung hat E. Leyst veröffentlicht[1]) über den Einfluss gewisser Stellungen der Hauptplaneten auf die erdmagnetische Deklination. Die untersuchten Stellungen der Planeten sind: Konjunktion, Opposition, Quadratur und Elongation. Als Material dienten ihm die sorgfältigst bearbeiteten Registrierungen der Magnetographen in St. Petersburg und in Pawlowsk für die Jahre 1873 bis 1889. Leyst beschränkte sich auf diese Beobachtungsreihe hauptsächlich deshalb, weil die anderen magnetischen Observatorien des In- und Auslandes weder eine genügend lange Reihe von Jahren ihre Registrierungen oder fortlaufenden direkten Beobachtungen bearbeitet und in extenso publiziert, noch genügende Daten über die Bearbeitung der Beobachtungen veröffentlicht haben, aus denen man ein sicheres Urteil über die Zuverlässigkeit der einzelnen Angaben, die Konstanten der Instrumente und dergleichen sich bilden könnte.

Zunächst berechnete er für alle sieben Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun die Mittelwerte

---

[1]) Wild, Report f. Meteorologie. **17.** Nr. 1.

der wahren Tagesmittel der westlichen Deklination für die mittlere äusserste westliche und mittlere äusserste östliche Elongation, und für die mittlere obere und mittlere untere Konjunktion der beiden inneren Planeten, und ebenso für die mittlere westliche und mittlere östliche Quadratur, für die mittlere Konjunktion und für die mittlere Opposition der fünf äusseren Planeten, in den Jahren 1873 bis 1889, nach den photographischen Registrierungen des Unifilarmagnetographen Adie in St. Petersburg (1873 bis 1877) und in Pawlowsk (1878 bis 1889), wie sie in den Annalen des physikalischen Zentralobservatoriums, herausgegeben von H. Wild, publiziert sind. Die in St. Petersburg registrierten Deklinationen wurden mit Hilfe der von Wild nach den Beobachtungen in St. Petersburg und in Pawlowsk ermittelten erdmagnetischen Differenz St. Petersburg — Pawlowsk = + 5.86′ auf Pawlowsk reduziert.

Da die Anzahl der Tage der obengenannten vier Hauptmomente der synodischen Umlaufszeit in 17 Jahren verhältnismässig gering ist und daher unsichere Mittel giebt, so nahm Leyst zu den Tagen der Hauptmomente noch die ersten und zweiten Tage vor und nach denselben hinzu. Auf diese Weise erhielt er nicht nur die Mittelwerte der erdmagnetischen Deklination für den Tag der vier Hauptmomente der synodischen Umlaufszeiten der einzelnen Planeten, sondern auch die Mittelwerte aus drei und fünf Tagen zur Zeit dieser Hauptmomente.

Die grösste Anzahl der synodischen Perioden in dem gegebenen Zeitraume von 17 Jahren entfällt auf den Merkur, nämlich über 50. Leyst begnügte sich mit den letzten 50 synodischen Umläufen der Jahre 1874 bis 1889. Die Venus hat in 17 Jahren nur zehn synodische Umläufe, und der Mars sogar nur acht, und daher sind die Resultate für diese beiden, der Erde zunächst stehenden Planeten, besonders die eintägigen Mittelwerte, nicht so sicher, wie die Mittelwerte für Merkur. In demselben Zeitraume hatten die vier grossen Planeten 15 bis 17 synodische Umläufe.

Leyst berechnete ausser den Mittelwerten für den Tag der Konstellation noch Mittelwerte für drei, resp. fünf Tage zur Zeit derselben, wobei jedem einzelnen Tage ein und dasselbe Gewicht beigelegt ist. Bei einer hinlänglich grossen Anzahl von Tagen (wie im vorliegenden Falle bei den Merkurkonstellationen) zeigen die für den Tag der Konstellation geltenden Mittelwerte am deutlichsten die Eigentümlichkeiten des Einflusses der entsprechenden Konstellation auf die erdmagnetische Deklination, während die dreitägigen und noch mehr die fünftägigen Mittelwerte sich den normalen Werten nähern, insbesondere bei Planeten mit kurzer synodischer Umlaufszeit. Ausser den Mittelwerten aus den Tagesmitteln berechnete er noch Mittelwerte aus denjenigen Monatsmitteln, auf welche die einzelnen Konstellationen fielen.

Aus diesen Rechnungen ergiebt sich, dass jeder Planet einen mehr oder weniger ausgeprägten Einfluss auf die erdmagnetische

Deklination hat. Die ein- und dreitägigen Mittelwerte weichen stärker von den Monatsmitteln ab, als die fünftägigen, und das zeigt sich selbst bei den Planeten Venus und Mars, obgleich die eintägigen Mittel für diese beiden Planeten nur aus zehn, resp. acht Tagesmitteln und die dreitägigen aus 30, resp. 24 Tagesmitteln berechnet sind.

Wie Leyst durch weitere zahlreiche Tabellen nachweist, ergiebt sich, dass durchgängig in den Konjunktionen der Planeten, mit Ausnahme des Merkurs, die erdmagnetische Deklination weniger westlich ist, als in den Oppositionen. Die Erdnähe der Planeten bewirkt also ein Anwachsen der westlichen Deklination, und die grössere Entfernung der Planeten von der Erde, zur Zeit der Konjunktion der äusseren Planeten und der oberen Konjunktion der Venus bewirkt eine Abnahme der westlichen Deklination. Diese Differenzen können nicht zufälliger Gruppierung zugeschrieben werden, denn dieselben verringern sich, wenn man anstatt Mittel aus den Tagen der Konstellation, Mittel aus drei oder fünf Tagen oder Mittel der entsprechenden Monate bildet. Wenn man die Tabellen zur Hilfe nimmt, so sieht man, wie sogar die einzelnen Tage die entsprechenden Änderungen zeigen. Zur Zeit der oberen Konjunktion des Merkur steigt die westliche erdmagnetische Deklination vom zweiten Tage vor der oberen Konjunktion bis zum Tage derselben um 0.26′, und gleich nach der Konjunktion fällt die Deklination fast um denselben Betrag, nämlich um 0.23′ in zwei Tagen. Die untere Konjunktion lässt in gleicher Weise vor der Konjunktion die Deklination um 0.18′ in zwei Tagen fallen und hernach um 0.24′ in derselben Zeit steigen. Dasselbe lässt sich von den Tagesmitteln von Venus, Mars, Jupiter und Neptun nur im umgekehrten Sinne sagen, wobei noch hervorzuheben ist, dass die Extreme zuweilen auch auf den vorhergehenden oder nachfolgenden Tag fallen.

In hohem Grade bemerkenswert ist aber das positive Vorzeichen der Differenzen des Merkur. Dieser Planet ist in seiner magnetischen Wirkung auf die mittlere Deklination mit den anderen sieben Planeten nicht gleichartig. Verf. möchte darauf hinweisen, dass die mittlere Dichte von Venus bis Saturn abnimmt und von Saturn bis Neptun wieder zunimmt; in gleicher Weise verändern sich auch die Deklinationsabweichungen. Der einzige Planet, dessen Dichte grösser ist, als die der Erde, ist Merkur, und für diesen Planet ergiebt die Tabelle eine positive Differenz.

In den Quadraturen und Elongationen sind die Differenzen meist klein und die Deklinationswerte nahezu normal; auffallend sind die Werte für Mars in der östlichen Quadratur. Im ganzen ist die Deklination zur Zeit der östlichen Quadratur grösser, als zur Zeit der westlichen, nur bei Jupiter und Neptun findet man das entgegengesetzte Verhalten.

Im Vorhergehenden wurde der Einfluss der Planeten einzeln derart untersucht, als ob die übrigen Planeten in den Mittelwerten

eines Planeten weiter keinen Einfluss haben. Diese Voraussetzung lässt sich nur dann halten, wenn die synodische Umlaufszeit klein genug ist, um bei kurzen Beobachtungsreihen alle Konstellationen des Planeten nach und nach mit sämtlichen Konstellationen aller übrigen Planeten in Verbindung bringen und so den Einfluss der übrigen eliminieren zu können. Mit einer gewissen Annäherung ist das bei Merkur im vorliegenden Falle erreicht worden, während die übrigen Planeten, besonders die unserer Erde zunächst stehenden, eine derartige Elimination durch langjährige Beobachtungen noch nicht gewähren.

Verf. sucht nun zu ermitteln, in welcher Weise die Konstellationen zweier Planeten, wenn sie nahe bei einander stehen, auf die erdmagnetische Deklination wirken. Die Einzelheiten dieser statistischen Prüfungen können hier übergangen werden, es genüge das Ergebnis, wonach es wahrscheinlich erscheint, dass nicht allein die beiden inneren Planeten, Merkur und Venus, sondern auch einige der äusseren Planeten in verschiedenem Sinne auf den Erdmagnetismus wirken. »Wäre der Sinn der Änderungen bei allen äusseren Planeten derselbe, und summierten sich ihre Wirkungen auf die erdmagnetische Deklination im gleichen Sinne, so hätten wir im November 1881 und 1882, wo kurz nach einander Jupiter, Saturn und Neptun in Opposition standen, und auch der Mars noch zum Schlusse des Jahres 1881 in Opposition kam, eine sehr starke Anomalie gehabt, die im April und Mai vorher und nachher, wo diese drei äusseren Planeten nahezu gleichzeitig in Konjunktion standen, ins Gegenteil übergegangen wäre. Die Beobachtungen zeigen nicht so starke Anomalien, wie man sie erwarten sollte, wenn man ihren Einfluss summiert. Mit Sicherheit kann man aber schliessen, dass jeder der sieben Planeten einen, durch unsere St. Petersburg—Pawlowsker Beobachtungen nachweisbaren, wenn auch geringen Einfluss auf die mittlere erdmagnetische Deklination in den Jahren 1873 bis 1889 gehabt hat, und dass dieser Einfluss mindestens bei Merkur und Venus ein entgegengesetzter war.«

Im dritten Teile seiner Untersuchungen prüft Leyst die Tagesamplituden der erdmagnetischen Deklination, und zwar versteht er unter »Tagesamplitude« die Differenz zwischen dem Tagesmaximum und Tagesminimum der Deklination. Die Tabellen zeigen, dass die Stellungen der Planeten zur Erde und Sonne einen Einfluss auf die Summe der periodischen und nicht periodischen täglichen Schwankungen besitzen, und zwar ist die Tagesamplitude zur Zeit der oberen Konjunktionen der Venus und der Konjunktionen des Jupiter, Uranus und Neptun grösser, als zur Zeit der Oppositionen, resp. unteren Konjunktionen.

Der Einfluss der Planetenkonstellationen beschränkt sich somit nicht allein auf eine kürzere oder längere Zeit hindurch anhaltende konstante Ablenkung des erdmagnetischen Meridians, sondern ändert auch die Grösse der täglichen Schwankungen. Dieser Einfluss ist

jedoch bei allen Planeten nicht in demselben Sinne, sondern verschieden, woraus folgen würde, dass die magnetischen Axen der Planeten nicht alle gleichgerichtet sind.

Zum Schlusse fasst Leyst die Ergebnisse seiner Untersuchungen dahin zusammen, »dass der Magnetismus der Planeten so stark ist, dass sein Einfluss auf den Erdmagnetismus durch unsere Registrierungen des Magnetographen nachweisbar ist. Dabei zeigte es sich, dass der Planetenmagnetismus im höheren Grade den täglichen Gang, als den absoluten Mittelwert der erdmagnetischen Deklination beeinflusst. Der Einfluss auf den täglichen Gang kann ja ein ganz anderer sein, als der Einfluss auf die Mittelwerte, und daher sehen wir auch, dass alle Resultate in bezug auf die primäre, sekundäre und Tagesamplitude unter sich befriedigend übereinstimmen, mit den Resultaten der mittleren Deklination aber weniger harmonieren. Doch in einer Beziehung stimmen die, für die absolute mittlere Deklination gefundenen Resultate mit denen des täglichen Ganges überein, und diese ist der gleiche Sinn des Einflusses der Planeten auf die absolute mittlere Deklination und auf die primäre Amplitude. Die Tabelle zeigt uns, dass alle Planeten in der Opposition und die Venus in der unteren Konjunktion, oder die Planeten in ihrem geringsten Abstande von der Erde, die primäre Amplitude, oder den regulären Teil der Tagesamplitude, gegen den normalen Wert der primären Amplitude vergrössern, nur mit einer Ausnahme, nämlich mit Ausnahme des Merkur. Die Nähe irgend eines Planeten, wieder mit derselben Ausnahme, nämlich mit Ausnahme des Merkur, vergrössert die absolute mittlere westliche Deklination. Hier zeigt es sich, dass die absolute westliche Deklination in derselben Weise, vielmehr in demselben Sinne beeinflusst wird, wie der reguläre Teil des täglichen Ganges. Wir können demnach sagen, dass die Nähe aller Planeten, mit Ausnahme des Merkur, sowohl die absolute mittlere Deklination, als auch den periodischen Teil des täglichen Ganges vergrössern.«

Da für Merkur Beobachtungen während 50 synodischen Umlaufsperioden vorliegen, so hat Leyst zuletzt für diesen Planeten auch den Einfluss auf die übrigen erdmagnetischen Elemente berechnet. Er findet folgendes: »Der Einfluss des Merkur auf die absoluten Werte der Richtungskomponenten und der Intensität ist sowohl quantitativ als auch qualitativ mit befriedigender Sicherheit nachweisbar. Der Einfluss des Merkur auf die primäre Amplitude der Richtungskomponenten ist sicherer erwiesen, als der Einfluss auf die sekundäre Amplitude, während umgekehrt die primäre Amplitude der ganzen Intensität nicht sicher als beeinflusst erwiesen ist, dagegen zeigt die sekundäre Amplitude einen sicher ermittelten Einfluss. Wir könnten daraus entnehmen, dass der Einfluss auf die Intensität so gering ist, dass er in der grösseren primären Amplitude nur unsicher, dagegen in der kleineren sekundären Amplitude sicherer zum Vorscheine kommt.«

Die Ergebnisse, zu denen Leyst bezüglich des Einflusses der Planeten auf den Erdmagnetismus gelangt, sind höchst überraschend, man könnte sagen verblüffend. Niemand hätte dergleichen voraus geahnt. Eben deshalb werden die gewonnenen Resultate auch zunächst noch vielfach mit Misstrauen betrachtet werden, und zwar so lange, bis sie von anderer Seite Bestätigung erhalten.

5. Vulkanismus.

Die vulkanische Thätigkeit des Calbuco in Chile war Ende 1894 in ruhigem Fortgange begriffen[1]). Seit den grösseren Eruptionen in den letzten Tagen des November 1893 hat kein bedeutender Ausbruch stattgefunden. Über die durch die früheren Ausbrüche verursachten topographischen Veränderungen an den Abhängen und am Ostfusse des Vulkans konnte O. de Fischer, der sich im Auftrage der Grenzkommission seit Mitte Oktober 1893 in Llanquihue aufhielt und mehrere Reisen von Puerto Montt auf dem Landwege nach Ralun unternahm, einige interessante Beobachtungen machen. Vor allem hat das Flussgebiet des Rio Hueñu-Hueñu, eines grösseren Nebenflusses des Rio Petrohue, durch die von der Höhe des Vulkans abgeflossenen Schmelzwasser und Schlammströme bemerkenswerte Umgestaltungen erlitten. Der Hueñu-Hueñu hatte im Februar 1893 nahe seiner Mündung in den Petrohue ein zwischen hohe Steilufer eingeengtes, ungefähr 50 *m* breites Bett und führte reichliche Mengen lehmgelben Wassers in mächtiger Strömung dem Petrohue zu. Zur Zeit ist der Hueñu-Hueñu, nachdem die Hochflut der Schmelzwässer abgelaufen ist, ein unbedeutendes, bequem zu überschreitendes Gewässer. Sein grösster Nebenfluss, der aus einem Gletscher des Calbuco entspringende Rio Blanco, der sich früher nahe am Fusse des Berges mit dem Hueñu-Hueñu vereinigte, mündet jetzt erst wenige hundert Meter vor der Vereinigung des letzteren mit dem Petrohue, und auf der ganzen gegen 15 *km* langen Strecke vom Fusse des Calbuco bis zum Petrohueufer dehnt sich eine zwischen 300 und 1000 *m* breite Schlammstrasse (cañada) aus. Auf dem südöstlichen Abhange des Vulkans liegt ein grosser Gletscher, wahrscheinlich derselbe, der dem Rio Blanco den Ursprung giebt. Noch sind bläuliche Eisschollen unter der Decke vulkanischer Asche erkennbar, doch scheint die Hauptmasse desselben abgeschmolzen zu sein. Zu betonen ist, dass bisher noch von keinem ernsthaften Beobachter Lavaergüsse des Vulkans gemeldet worden sind.

Thoroddsen's Forschungen in Island im Jahre 1894. Der unermüdliche Erforscher Islands hat auch in dem genannten Jahre seine Untersuchungen mit grossem Erfolge fortgesetzt.

---

[1]) Verhandlungen der Gesellsch. für Erdkunde zu Berlin 1895. **22.** Nr. 2. p. 119.

Folgenden Bericht über dieselben sandte er der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin[1]):

»Nachdem ich im Juli und in der ersten Hälfte des August die Küstenstrecken im südöstlichen Island zwischen dem Seidisfjördur und der Skeidará bereist hatte, begab ich mich auf das Hochland. Auf Reisen in den Jahren 1884, 1889 und 1893 hatte ich schon die nördlichen und westlichen Teile des Vatna-Jökull untersucht; im letzten Sommer (1894) geschah dies mit den südlichen und nordöstlichen Randgletschern, so dass nunmehr die 8000 *qkm* grosse Eisfläche zum ersten Male von allen Seiten erforscht worden ist.

Am 15. August reiste ich von Lón nach Vídidalur, einem weitfern gelegenen Bauernhofe am Hofs-Jökull, und zog von dort aus in das unbewohnte Innere. Nach Osten zu werden die Firnflächen des Vatna-Jökull von wilden, tief zerschnittenen Liparitfelsen abgeschlossen, die eine Höhe von 12—1400 *m* haben. Hier fand ich die bisher unbekannten Quellen der Jökulsá í Lóni. Der Fluss entspringt aus dem Ende eines Gletschers in einem Thale, das den Namen Vesturdalur erhalten hat, und setzt darauf seinen Lauf durch 2—400 *m* tiefe Cañons nach dem Lón hinab fort.

Zu den Klüften der Jökulsá gehen vier steile Gletscher vom Vatna-Jökull nieder, von denen der unterste in 150 *m* Höhe über dem Meere endet. Nördlich vom Vesturdalur ist am Rande des Vatna-Jökull ein Felsen aus Palagonitbreccie (Geldingafell), und dicht bei diesem fand ich in einer Reihe drei kleine Seen, aus denen ein Nebenfluss der Jökulsá entspringt. Etwas westlicher liegt ein See, dem die Kelduá entstammt, deren Quellen man früher viel weiter nördlich vermutete. Das Hochland selbst oberhalb der Thäler hat eine Höhe von 7—900 *m* und besteht aus wellenförmigen Hochflächen ohne Vegetation; die Oberfläche ist mit kantigen vom Froste zersprengten Basaltblöcken bedeckt, über welche die Pferde sehr schwer vorwärts zu bringen waren, obgleich die isländischen Pferde auch auf felsigem Terrain ganz erstaunlich brauchbar sind. Eine Zeitlang hatte ich mein Zelt an dem 1822 *m* hohen Snæfell stehen und unternahm von dort aus Ausflüge am Nordrande des Vatna-Jökull entlang. Der Snæfall ist ein sehr alter Vulkan, dessen Eruptionsspalte zuletzt durch einen Liparitausbruch verstopft worden ist, so dass der Berg von einem dicken Liparitgange durchsetzt wird; der Berg selbst sowie die nahegelegenen Gipfel bestehen hauptsächlich aus Tuff mit Lavabomben.

Zwei sehr grosse Gletscher gehen vom Nordrande des Vatna-Jökull zu beiden Seiten des Snæfell nieder; der östliche (Eyjabakka-Jökull) ist viel kleiner, hat aber doch eine Ausdehnung von etwa 50 *qkm*. Hier entspringt die Jökulsá í Fljótsdal. Unterhalb des Gletscherrandes verzweigen sich die Gletscherbäche in unzähligen Armen über grosse, grasbewachsene Lehmflächen, die so aufgeweicht sind, dass sie von Menschen oder Tieren nicht überschritten werden können. Dicht am Gletscherrande gelang es uns aber nach der Arbeit eines ganzen Tages dennoch, hinüberzukommen, da hier der Lehm mit gröberem Gerölle vermischt ist. Die Pferde sassen jedoch oft fest, so dass es, nachdem das Gepäck abgeladen war, grosse Mühe und Zeit erforderte, dieselben herauszuziehen. Der Gletscherrand hat im Vorwärtsgleiten auf das unterhalb liegende Erdreich so gedrückt, dass es zu riesigen Wülsten aufgerollt ist, die wie lange Rollen dem Gletscherrande folgen. Westlich vom Snæfell geht vom Vatna-Jökull der Brúar-Jökull herab, der beinahe 500 *qkm* umfasst. Sein Rand liegt wie der des Eyjabakka-Jökull etwa 650 *m* über dem Meere.

Nachdem ich mich einige Zeit oben auf dem Hochlande aufgehalten hatte, reiste ich hinab zu den bewohnten Gegenden im Fljótsdalshérad und

[1]) Verhandlungen der Gesellsch. für Erdkunde zu Berlin 1895. **22.** Nr. 3. p. 181.

untersuchte im Monate September die geologischen Verhältnisse in den Fjordlandschaften zwischen Seidisfjördur und Héradsflói. Auf den Reisen in den Jahren 1882 und 1894 hatte ich schon Material für eine geologische Übersichtskarte über die Küstenstrecke von Oræfi bis zum Héradsflói gesammelt. Die Hauptergebnisse meiner letzten Reise waren folgende.

Die Hauptgesteinsart im Ostlande ist Basalt, und die Bergseiten nach dem Meere zu und in den Thälern sind aus 50 bis 100 Basaltbänken mit schwacher Neigung einwärts nach dem Lande zu (meist 2—5° nach NW) aufgebaut. Die Basaltformation hat im Ostlande eine Mächtigkeit von wenigstens 3000 *m*. Basaltgänge sind sehr häufig; sie gehen durch alle Basaltbänke hindurch aufwärts und haben meist die Richtung NNO oder NO. In der Basaltformation kommt hier und da eine Liparitschicht zum Vorscheine, die aussen nach dem Meere zu in 600 *m* Höhe liegt, sich aber einwärts ins Land hinein ebenso wie die Basaltbänke neigt. Die vielen tiefen Thäler des Ostlandes sind durch den Basalt hindurch erodiert; grössere Dislokationen sind nicht zu bemerken. Im Basalte finden sich in diesen Gegenden eine Menge Liparitgänge und Lipariteinlagerungen, mehr als an irgend einer anderen Stelle in Island. Am Borgartfjördur und an der östlichen Ecke des Vatna-Jökull bestehen die Felsen zum grössten Teile aus diesem Gesteine, so dass der Basalt hier zurücktritt. Zu beiden Seiten des Lón finden sich grosse aus Gabbro bestehende Bergspitzen (Vestra-Horn und Eystra-Horn); grobkörnige Granophyre in Gängen und grösseren Einlagerungen sind in dieser Gegend sehr häufig. Mit Eis bedeckte Gabbroberge müssen sich auch im Südrande des Vatna-Jökull finden; denn die Gletscherflüsse führen an mehreren Orten (besonders auf dem Breidamerkursandur) abgerollte Gabbroblöcke in das Flachland hinab. Die grosse Breccieformation des Südlandes beginnt im Breidamerkurfjall östlich vom Öræfa-Jökull, worauf der Basalt fast ganz verschwindet. Die Vulkane sind an die Breccie gebunden, in den Basaltgegenden des Ostlandes findet sich kein Vulkan und kein moderner Lavastrom. Oben auf dem Hochlande nördlich vom Vatna-Jökull fand ich, dass Breccien und Tuffe sich bedeutend weiter nach Osten ausbreiten, als man früher gedacht hat. Die Breccie ruht hier wie im Westlande oben auf dem Basalte. Am Südrande des Vatna-Jökull untersuchte ich den Öræfa-Jökull, Islands höchsten Vulkan (1958 *m*). Die acht Gletscher, die sich von diesem Berge herab erstrecken, sind bei den Ausbrüchen geschmolzen und haben grossen Schaden verursacht; von jedem derselben sind grosse Strecken mit kolossalen Felsstücken bedeckt worden, welche die Gletscher mit sich geführt haben, wenn sie bei den Ausbrüchen halbgeschmolzen in die Niederung hinabglitten. Ich sammelte hier möglichst viele historische Nachrichten, über die Ausbrüche des Vulkans, die Lage der zerstörten Gehöfte u. s. w. Der Öræfa-Jökull ist aus Tuff- und Breccieschichten, die vom Zentrum aus abfallen, aufgebaut; doch finden sich an seiner südlichen Seite Lipariteinlagerungen und Lavaströme mit Gletscherschliffen, die bis zur Küste hinabreichen und beweisen, dass der Vulkan schon während der Eiszeit thätig gewesen ist. Spuren der Eiszeit sieht man überall im Ostlande, die Richtung der Schrammen wurde an mehreren Stellen bestimmt. Man hat in den Ostfjorden bisher nur wenige Merkmale eines höheren Meeresstandes gekannt; ich fand jedoch alte marine Terrassen an vielen Fjorden 40—50 *m* über dem Meere, auch an einigen Orten in derselben Höhe altes Treibholz, Walfischknochen und Muschelreste, die zu denselben Arten wie die jetzt an der Küste gefundenen gehören. Dagegen sah ich hier nirgends die älteren Muschelbänke mit Yoldia, die im südwestlichen Island so häufig sind.

Die Südküste von Island unterhalb des Vatna-Jökull ist in geologischer Hinsicht besonders interessant, denn sonst nirgend in Island kann man so leicht die Gletscher, die Sandflächen und die Thätigkeit der Gletscherflüsse studieren. An dieser ganzen Küste entlang giebt es keine Fjorde oder Häfen; wo die Gletscherflüsse münden, verschwinden bald alle Einschnitte

wegen der Menge von Gerölle, das die Flüsse herabführen. Auf diesem Küstenstriche finden sich nur aus aufgestautem Flusswasser gebildete seichte Lagunen; schmale Landzungen, von den Flüssen und der Brandung gebildet, trennen sie vom Meer. Oft sind die Lagunen im Winter grösser als im Sommer; denn bei den schweren Winterstürmen werden ihre Ausflüsse häufig verstopft, so dass das Flusswasser sich über grössere Strecken ausbreitet. Im Sommer dagegen ist die Brandung schwächer, so dass die Strömung der Flüsse wieder Öffnungen in den aufgeworfenen Sandriffen bilden kann. Die Sandstrecken südlich vom Vatna-Jökull bestehen ausschliesslich aus abgerolltem Gletscher- und Flussgerölle. Der Anbau ist einzig und allein auf die Oasen zwischen den Gletscherflüssen angewiesen; denn wo das reissende Gletscherwasser in unzähligen Armen die Niederung überströmt, gedeiht keine Vegetation. Viele der Gletscherflüsse sind höchst gefährlich zu passieren; sie führen besonders im Sommer während der Schneeschmelze in den Gletschern sehr bedeutende Wassermassen und sind wegen ihrer Kürze meist sehr reissend. Wo ihr Gefälle geringer ist, setzen sie Gletscherschlamm ab, der für die Pferde äusserst gefährlich ist: sie können in den weichen Boden einsinken und nicht wieder loskommen. Die Einwohner haben eine erstaunliche Übung darin, über die gefährlichen Gletscherflüsse zu reiten. Sie können aus den Strömungsverhältnissen die Tiefe und die Beschaffenheit des Bodens erkennen. Oft muss man in den Flüssen auf und nieder reiten, der Strömung entgegen und von ihr hinweg, bevor man hinüber gelangt, so dass ein solcher Übergang zuweilen ganze Stunden dauert. Man muss sich jedesmal vorwärts tasten; denn feste Furten giebt es nicht, da der Grund sich täglich verändert.

Vom Rande des Vatna-Jökull erstrecken sich Gletscher aus jeder Bergkluft abwärts und breiten sich kuchenförmig auf den unterhalb liegenden Geröllflächen aus. Vom Südrande des Vatna-Jökull, zwischen Lón und Skeidará, gehen 24 Gletscher nieder, von denen mehrere, besonders die Gletscher am Hornafjördur und auf dem Breidamerkursandur, beträchtliche Abmessungen haben. Die Gletscher auf der letztgenannten Sandstrecke sind dadurch eigentümlich, dass sie sich in den zwei oder drei letzten Jahrhunderten in beständigem Vorrücken befanden und sich nie zurückgezogen haben, während man in derselben Zeit bei allen anderen isländischen Gletschern ein abwechselndes Vorwärts- und Zurückgehen beobachtet hat. Das Ende des grössten dieser Gletscher, des Breidamerkur-Jökull, lag in der Mitte des 18. Jahrhunderts 7 *km* von der Küste entfernt, jetzt aber ist er dem Meere so nahe gerückt, dass seine äusserste Spitze nach meiner Messung am 31. Juli 1894 nur 256 *m* vom Meeresrande entfernt liegt. Durch Nivellement fand ich, dass das Gletscherende jetzt nur 9 *m* über der Meeresfläche liegt. Ein wenig westlich von dem niedrigsten Gletscherende strömt einer der wasserreichsten Flüsse Islands, die Jökulsá á Breidamerkursandi, hernieder, die nur etwa 1 *km* lang ist. Dieser Fluss ist in den letzten Jahren ganz unpassierbar gewesen, so dass man die Pferde über den Gletscher führen muss, was viel Zeit erfordert. Man muss hölzerne Brücken mit sich führen, um sie über die Gletscherspalten zu legen.

Unter dem Öræfa-Jökull liegt einer der abgeschlossensten Distrikte Islands, Öræfi, mit acht Bauernhöfen und einer Kirche. Er ist durch weite Wüsteneien und reissende Ströme von der übrigen Welt getrennt; bis dicht an die Gehöfte herab erstrecken sich die Gletscherarme, und reissende Gletscherflüsse stürzen über die Geröllhalden, welche die einzelnen Höfe scheiden. Die Gletscherflüsse und die öden Sandstrecken wirken auch isolierend auf Tiere und Pflanzen. So findet man in Öræfi weder Mäuse, noch Katzen, die sonst überall in Island allgemein sind. Die kleine blaue Campanula rotundifolia gehört im östlichen Island zu den gewöhnlichsten Pflanzen, verschwindet jedoch südlich vom Vatna-Jökull an der Skeidará und nördlich von dieser Eiswüste an der Jökulsá í Axafirdi, die sich nach Norden zu in das Eismeer ergiesst; in anderen Teilen Islands kommt sie

nicht vor. Wo die Vegetation in Öræfi vor Gletschern und Gletscherflüssen gedeihen kann, ist sie für isländische Verhältnisse recht üppig; in malerischen Klüften unterhalb des Gehöftes Skaptafell findet man 6 *m* hohe Birken und Vogelbeerbäume von 10 *m* Höhe, die höchsten, die es in Island giebt.

Berechnung der Energie einer vulkanischen Eruption. A. Riccò hat [1]) für mehrere Explosionen auf der Insel Volcano die entsprechende Energie thermodynamisch berechnet. Er findet mit Berücksichtigung der Masse des ausgeworfenen Materials und der Höhe und Grösse der Dampfwolken, dass in jeder Minute pro *qm* der Bocca 11400000000 *kgm* Arbeit geleistet wurde, so dass bei der 78 *qm* grossen Explosionsöffnung 890000000000 *kgm* anzunehmen sind.

Einfluss von Sonne und Mond auf die Eruptionen des Stromboli. A. Riccò macht darauf aufmerksam [2]), dass von den neun heftigen Ausbrüchen, welche der Stromboli seit 1638 gehabt, einige in den Juli fallen (bei grösster nördlicher Deklination der Sonne) und ferner sechs Ausbrüche nahe dem Perigäum des Mondes statt hatte. Der geringe fluterzeugende Einfluss beider Himmelskörper könnte nach Riccò dann doch bedeutsam werden, wenn die Spannung der Dämpfe im Inneren des Vulkans nahezu in ihrem Maximum ist.

Das Wesen der Maare ist von Prof. Branco [3]) sehr scharfsinnig enträtselt worden. Auf der rauhen Alb in der Umgegend von Urach giebt es Bildungen, welche schon lange als Maare bekannt sind, so das Randecker Maar. Branco hat nun den Beweis geführt, dass die zahlreichen, auf den kleinen Raum von 20 Quadratmeilen beschränkten, aus Tuff und Gesteinsschutt aufgebauten Kegelberge (Bühle und Bölle) und die am Steilabfalle entblössten röhrenförmigen tufferfüllten Gänge alle auf Maare zurückzuführen sind. Dem glücklichen Umstande, dass einerseits auf der Hochfläche typische Maare noch erkennbar sind, und anderseits im Vorlande die Denudation einen 500 bis 800 *m* tief reichenden Einblick in das Innere der von Maarkanälen durchbrochenen Schichten gewährt, verdanken wir also die Möglichkeit, das Wesen der Maare zu ergründen.

»Ein Maar ist nach der bisherigen Erklärung eine trichterförmige Vertiefung, ein Explosionskrater. Dieser setzt aber natürlich irgend einen Ausbruchsweg der explodierenden Gase voraus. Wie dieser beschaffen ist, wusste man bisher nicht. Ob das ein rundlicher Kanal oder ein spaltenförmig schmaler Schlitz ist, oder

---

1) Atti Accad. Gioenia di Catania **69**. Nr. 10.
2) Desgleichen **69**. Nr. 11.
3) Schwaben's 125 Vulkanembryonen und deren tufferfüllte Ausbruchsröhren, das grösste Gebiet ehemaliger Maare auf der Erde. Jahreshefte d. Ver. f. vaterländ. Naturkunde in Würtemberg 1894. 1895.

ob die Erdrinde hier nur zertrümmert ist, so dass gar kein fest umgrenzter Hohlraum vorliegt; ob also nur zertrümmertes, aber sonst in situ gebliebenes Durchbruchsgestein den Weg der Gase kennzeichnet, oder ob derselbe mit Tuffbreccie oder gar mit Basalt erfüllt ist, das war unbekannt.

In dem Gebiete von Urach lernen wir 127 solcher Durchbruchskanäle von Explosionskratern, also von Maaren, kennen. Wir sehen nun aber oben auf der Alb, bei zweifellosen, gut erhaltenen Maaren, durchaus keine ausgesprochenen Trichterbildungen, sondern vielmehr Kessel auftreten; d. h. wir haben hier Ausbruchskanäle, deren oberes Ende nicht, wie man bisher als typisch annahm, sich stark trompetenförmig erweitert, sondern in höherem Grade denselben Durchmesser behält, wie in der Tiefe; also Kanäle mit senkrechten Wänden, welche sich bei der Mündung gar nicht oder doch nicht sehr stark und plötzlich erweitern, sondern diese Erweiterung aus grösserer Tiefe, also viel allmählicher bilden.

Da nun unsere Bildungen der Gruppe von Urach aber echte Explosionskrater, mithin Maare sind, so folgt, dass erstens scharfe Trichterbildung nicht notwendig zum Begriffe eines Maares gehört, dass aber umgekehrt das Vorhandensein eines Kanals von rundlichem oder ovalem Querschnitte notwendig zu diesem Begriffe gehört. Wir müssen also eine Vervollständigung des Maarbegriffes in der folgenden Weise vornehmen:

»Ein Maar besteht aus einem, wohl meist mit Tuff, selten mit festem Eruptivgesteine erfüllten Ausbruchskanale rundlichen oder ovalen Querschnittes, dessen oberes Ende entweder stark erweitert, trichterförmig ist, oder aber wenig erweitert, also kesselförmig ist, oder endlich gar keine Erweiterung besitzt. Damit sind wir aber bei einer einfachen Röhre angelangt. Ob diese dann ganz bis an den Rand hin mit Tuff, bezw. Basalt erfüllt wurde, oder ob der oberste Teil der Röhre leer blieb, so dass hier eine Kessel-, bezw. Trichterbildung in die Erdoberfläche eingesenkt erscheint, das ist nebensächlich, weil zufällig; denn die Tiefe eines Kessels ist etwas ganz Relatives. Ist das aber der Fall, dann giebt es gar keinen Unterschied mehr zwischen einem Maare und einem tuff- (oder basalt-) erfüllten Gange rundlichen Querschnittes, soweit diese Füllmasse von Anfang an in der Erdrinde verblieb, nicht aber als Berg über derselben aufgeschüttet wurde. Es giebt dann Maare mit Trichter oder solche mit Kessel, endlich auch solche ohne Trichter oder Kessel. Dagegen beginnt der Begriff des echten Vulkanberges sofort dann, wenn der Tuff, bezw. Basalt eine Aufschüttung auf der Erdoberfläche bildet.«

Diese Definition des Begriffes »Maar« setzt uns in Stand, auch andere bekannte, merkwürdige Tuffvorkommen als Maare zu erkennen. Branco führt deren eine ganze Reihe an. Besonders seien hier die Diamanten beherbergenden von Kimberley in Südafrika erwähnt.

6. Erdbeben.

Das Erdbeben von Laibach. Prof. E. Suess hat im Auftrage der geologischen Reichsanstalt in Wien die Gegend um Laibach bereist und über seine Forschungen berichtet[1]).

Folgendes ist ein Auszug aus diesen Berichten: »Meine Untersuchungen waren zunächst der Stadt Laibach und insbesondere den stark beschädigten Ortschaften der nördlichen Umgebung gewidmet. Des Vergleiches halber und um zu sehen, was es an entfernteren Orten zu thun gäbe, unternahm ich vor der Hand zwei weitere Exkursionen, die eine nach Cilli und die andere in die Gegend von Zirknitz, Loitsch bis Idria. Man wird es begreiflich finden, dass ich es hier vermeide, die tektonischen Beziehungen des Erdbebens zur Sprache zu bringen, bevor nicht sämtliche eingelaufenen Berichte einer genauen Prüfung und Vergleichung unterzogen worden sind. Auch dass ich eine grosse Menge von Beobachtungen an einzelnen Objekten und begleitende Skizzen eingesammelt habe, kann hier nur angedeutet werden. Ich will mich hier nur darauf beschränken, den allgemeinen Eindruck wiederzugeben, welchen ich bisher von dem Charakter der Erdbewegung in der Umgebung von Laibach gewonnen habe.

Im grossen ganzen fand ich eine glänzende Bestätigung der Auffassung der Erscheinung als fortschreitende, transversale Wellenbewegung, welche Wähner gelegentlich der Besprechung des Agramer Erdbebens geltend gemacht hat. Natürlich äussert sich das rasche Vorüberziehen der einzelnen Wellenberge an einer bestimmten Stelle, je nach der Wellenhöhe und deren Schnelligkeit, als eine Reihe rasch aufeinander folgender, heftiger, vertikaler Stösse, als Heben und Senken oder als horizontales Rütteln oder als sanfteres Wiegen, wie denn auch diese verschiedenen Erscheinungsweisen von verschiedenen Punkten gemeldet werden. Während sich jedoch das Agramer Erdbeben als eine Reihe sehr heftiger Stösse in einer Dauer von ca. 10 Sekunden äusserte, wird bei dem Erdbeben von Laibach, bei welchem die Heftigkeit der einzelnen Stösse ohne Zweifel viel geringer war, allgemein die ausserordentlich lange Dauer und oftmalige Wiederholung der Erschütterung hervorgehoben. Forstkommissar Putik, der ein Zählwerk seiner Taschenuhr funktionieren liess, giebt an, dass der Boden während 26 Sekunden nicht vollkommen zur Ruhe gekommen ist. Damit hängt auch offenbar der Gegensatz der Zerstörungsform der Gebäude zusammen, welcher, wenn man auch das Agramer Erdbebenphänomen nur aus der Litteratur kennt, sofort auffallen muss. Gar kein Haus in Laibach ist thatsächlich eingestürzt, wie das in Agram nicht selten der Fall war; selbst einzelne eingefallene Wände oder Giebelfelder sind

[1]) Verhandlungen der k. und k. geol. Reichsanstalt in Wien. 1895. Nr. 7. p. 198.

hier nicht gerade häufig anzutreffen, dagegen sind sämtliche Gebäude durch die wiederholte Erschütterung dermassen »durchgerüttelt«, dass man allenthalben, namentlich im Inneren der Gebäude bedrohliche Sprünge wahrnehmen kann, und oft der ganze Bau gefährdet erscheint. Diese Art und Weise der Beschädigung der Gebäude ist es vielleicht, welche die Auffindung geeigneter Objekte zur Ermittelung der Bewegungsrichtung der Welle im Laibacher Schüttergebiete besonders erschwert. Durch das andauernde »Rütteln« wurden offenbar zunächst die Stellen ohnehin schwächeren Gefüges gelockert, und was wir jetzt sehen, sind klaffende Sprünge an den Stellen eben dieser ursprünglichen Lockerungen, welche sich in den allermeisten Fällen als durchaus abhängig von der Lage und Bauart oder, wenn ich mich so ausdrücken darf, von der gesamten »Tektonik« des Gebäudes nachweisen lassen, und welche, wenn man nach Mallet's Theorie folgern wollte, die widersprechendsten Richtungen andeuten würden. Zu welcher Vorsicht man bei diesbezüglichen Schlüssen genötigt ist, hat mich insbesondere das Studium der Gebäude in der Stadt gelehrt, wo dieselben meist in Komplexen auf unebenem oder auch ungleichem Grunde erbaut sind. Dankbarere Objekte bieten die Ortschaften in der Umgebung, wo sich mehr freistehende Gebäude befinden, und wo sich die Bodenverhältnisse besser beobachten lassen. Da zeigt sich die Wirkung der Erschütterung noch in etwas vollkommener Reinheit. Jedoch auch hier ist die weitaus überwiegende Mehrzahl der Sprünge durch die ursprüngliche Anlage des Gebäudes bedingt. So ist z. B. unter den Hunderten von Gebäuden, welche ich bereits besucht habe, kaum eins oder das andere, in welchem nicht sämtliche vorhandenen Gewölbe, Thor- und Fensterbögen beiläufig in der Mitte gesprungen wären; das ist selbst noch bei den meisten Gebäuden der weniger erschütterten Gebiete, wie bei Zirknitz und bei Idria der Fall. So weist z. B. die Kirche von Rosenbach am Schischkaberge bei Laibach keine andere Beschädigung auf, als eben das Reissen sämtlicher Wölbungen in den verschiedensten Richtungen in gleichem Masse. (Eine Ausnahme ist nur dort zu machen, wo die Gewölbe durch eiserne Schliessen gebunden sind.) Thürstöcke, Fensteröffnungen u. s. w. geben bekanntlich immer Direktionen für die Art und Weise der Berstung des Gemäuers; blinde Fenster und spätere Vermauerungen jeglicher Art sind infolge des Erdbebens überall neuerlich zu Tage getreten; ein beredtes Beispiel bildet der Kirchturm von Koses, bei welchem an allen vier Seiten in gleicher Höhe befindliche, vermauerte und übertünchte Bogenfenster in gleichem Masse herausgedrückt und sichtbar geworden sind. Über diesen befinden sich an allen vier Seiten offene Bogenfenster, von denen je in der Mitte ein starker Sprung ausgeht, der sich Y-förmig verzweigt; an den Kanten treten die Sprünge miteinander in Verbindung. Freie Giebelfelder sind in nebeneinander stehenden Bauernhäusern oft in zu einander senkrechten Richtungen herausgefallen.

Überhaupt kann manche Diskontinuität eine Mauer leicht zur Neigung bringen, in welcher Richtung immer dieselbe stehen mag. Ein aus mehreren Steinen zusammengesetztes, nicht fundiertes Thor in einer Mauer wird durch jegliche stärkere Erschütterung, von woher sie immer kommen mag, in der zur Mauer senkrechten Richtung zum Schwanken gebracht werden und kann dann leicht einen Teil der Mauer mitreissen und die Mauer zur Ausbauchung oder zur Neigung veranlassen. Ein gutes Beispiel dieser Art unter vielen bietet das Wirtshaus nächst der Kirche in St. Veit; die auf diese Weise zur Neigung gelangte Wand daselbst steht W 20° N, in spitzem Winkel zu der Richtung, in welcher ich nach anderen Beobachtungen die Fortpflanzungsrichtung der Erdbebenwelle annehme. Die Decke, welche im Inneren des Hauses auf diese Wand gestützt, ist zum Teile eingestürzt. Was die Neigungsrichtung der Sprünge betrifft, sei, um zu zeigen, wie widersprechende Daten wir von diesen Zerstörungsspuren erhalten können, bloss des Franziskanerstiftes nächst der Marienkirche in Laibach gedacht. Daselbst findet man im zweiten Stocke an den inneren Wänden der Zimmer der Nordseite die Sprünge geradezu abwechselnd einmal 45° gegen Nord und das andere Mal im selben Winkel gegen Süd geneigt; dabei sind diejenigen Wände ausser Acht gelassen, welche Thürstöcke enthalten, und deren Sprünge dadurch schon beeinflusst sind. Dass es einen grossen Einfluss auf die Zerstörungsform eines Hauses ausübt, wenn dasselbe auf geneigtem Grunde steht, ist von vornherein einleuchtend. Mir stehen eine Reihe von Beispielen auf geneigtem Boden stehender Häuser zu Gebote, welche deutlich zeigen, dass jeder der Sprünge durch diese Lage bedingt war und bei jeder Richtung der Erschütterung hervorgerufen werden konnte. Selbst die Richtung des Sturzes von Schornsteinen kann nur mit grosser Vorsicht zu Rate gezogen werden; fast stets werden sie an der Stelle beschädigt, wo sie das Dach durchbrechen, indem sie durch die Schwingung des Dachstuhles einen wahrhaften Stoss erhalten; wahrscheinlich stürzen sie infolge dieses Stosses auch dann, wenn sie höher über dem Dache abbrechen. Dieser Vorgang mag vielleicht zum Teile die Erscheinung erklären, dass so viele Dachschornsteine eingestürzt sind, während die hohen Fabrikskamine fast alle stehen geblieben sind. Die Bewegung der Erdwelle kann in viele verschieden gerichtete Komponenten zerlegt werden, bis sie sich in die Schwingung des länglichen Dachstuhles umsetzt, welcher oft nach einer Seite leichter beweglich sein wird, als nach der anderen; und selbst das ist nicht ausgemacht, dass dieser Stoss genau die Richtung bestimmt, in welcher der Schornstein fallen muss; namentlich wenn die Seiten desselben verschieden breit sind. (Hier wurden natürlich diejenigen Fälle ganz ausser Acht gelassen, bei welchen die Fallrichtung schon durch die Neigung des Daches bestimmt war.) Selbst das Stehenbleiben von Uhren giebt sehr widersprechende Daten, falls die Angaben, welche mir gemacht werden, zuverlässig sind (woran

zu zweifeln kein Grund vorhanden ist). Überhaupt glaube ich, dass sich in Laibach kaum eine Pendeluhr finden wird, welche bei dem stärksten Stosse nicht stehen geblieben ist.

Alle diese angeführten Bedenken gegen die Verlässlichkeit der Richtungsbestimmung haben, wie bereits erwähnt, bei dem Laibacher Erdbeben erhöhte Giltigkeit, indem die zerstörende Wirkung durch die lange Andauer einer verhältnismässig schwächeren Bewegung hervorgerufen wurde. Dabei konnte natürlich die Wirkung der Kraft in einer bestimmten Richtung weniger deutlich zum Ausdrucke gelangen, als bei den kürzer andauernden, aber unvergleichlich heftigeren Stössen des Agramer Erdbebens.

Nichtsdestoweniger hat mich eine sorgfältige Auswahl unter den mannigfaltigsten Objekten zu der Überzeugung gebracht, dass die Bewegung hier, in dem pleistoseisten Gebiete von Laibach und Umgebung, in der Richtung von 55 ^{0} gegen NNW vorgeschritten ist. Von vielen Beispielen seien hier nur einige wenige vorgebracht. In Woditz, vor der Kirche, fiel eine $1^{1}/_{2}$ *m* hohe und ca. $^{3}/_{4}$ *m* dicke Steinsäule von quadratischem Querschnitte auf die Kante der obersten Stiegenstufe, an deren Seite sie stand, und kollerte dann die Stiege hinab, alle Steinplatten derselben zerschlagend. Die lose Steinplatte, welche das Kapitäl der Säule bildete, blieb auf der obersten Stiegenstufe liegen. Die Richtung der obersten Stiegenkante ist NW, etwas N; sie giebt offenbar die ursprüngliche Fallrichtung. Die gleiche Säule auf der anderen Seite der Stiege ist stehen geblieben; sie ist auf der Westseite durch eine Mauer gestützt. An dem linken Turme der Jakobskirche in Laibach, der demoliert werden muss, zeigen die Sprünge deutlich die Tendenz der nordwestlichen Ecke, herauszufallen. Eine steinerne Figur, welche oberhalb des Giebelfeldes zwischen beiden Türmen stand, sah ich noch zertrümmert auf dem Platze vor der Kirche etwas seitwärts liegen, sie fiel nach NNW. (Der eine Turm der Tirnauer Kirche hat jedoch die nordöstliche Partie unter dem Dache verloren.) Schon ein einfacher Spaziergang durch die Ortschaften St. Veit und Wischmarje muss jedermann überzeugen, dass mit wenigen Ausnahmen, die sich zumeist auf lokale Ursachen zurückführen lassen, die Nord- und Nordwestmauern es sind, welche Neigung zeigen, sich vom Gebäude abzulösen; fast jede in der Richtung ca. NNW stehende Mauer zeigt in der Nähe des nördlichen Endes einen stärkeren vertikalen Sprung.

Diese Angaben mögen vorläufig genügen; aber das eine muss ich hier noch beifügen, dass ich auch die Angaben derjenigen Personen, welche sich während der späteren Stösse im Freien befanden und das Beben »kommen hörten«, für sehr wertvoll zur Bestimmung der Bewegungsrichtung halte; namentlich wenn sie im allgemeinen sehr gut übereinstimmen. »Es kam vom Laibacher Moore und verlief gegen den Grintovc,« mit diesen Worten drücken sich die meisten Leute aus; auch Forstkommissar Putik, dessen Angaben ganz

besonders wertvoll sind, weil er anerkanntermassen eine bewunderungswürdige Kaltblütigkeit während der Katastrophe bewahrt hatte und seine ganze Aufmerksamkeit der Beobachtung des Phänomens zuwendete, empfing denselben Eindruck. »Gegen den Grintovc zu verlief es,« sagten auch alle intelligenteren Beobachter in den Ortschaften nördlich vom Gross-Kahlenberge. Diese Angabe bezeichnet zwar nahezu eine genaue Nord-Südlinie, aber da damit wohl keine haarscharfe Direktion gemeint sein kann, und dieselbe offenbar nur ein allgemeines Gefühl der Richtung wiedergeben will, und sich die Vorstellung unwillkürlich an den höchsten Berg der nördlichen Gebirgsgruppe wendet, glaube ich, bei der aus der Beobachtung der Gebäude gewonnenen Annahme einer mehr westlichen Richtung bleiben zu müssen.

Noch einige wenige Bemerkungen zur Physik des Phänomens seien mir hier gestattet, deren eingehendere Diskussion nach Einsammlung noch reichlicheren Materials in einem zusammenfassenden Aufsatze erfolgen wird. Wie bereits bemerkt, ist die Bewegung als fortschreitende transversale Wellenbewegung im Sinne Wähner's aufzufassen. Die Wellenbewegung des Bodens haben viele Leute beobachtet. Ich erwähne nur die Erzählung, dass es den durch die Lattermannsallee eilenden Leuten bei einem späteren Stosse schien, wie wenn die Bäume der Allee gegeneinander stürzen wollten, und einige von ihnen erschrocken aus den Baumreihen flüchteten. Dass Kirchtürme wankten, und sich Häuserreihen gegeneinander neigten, wird allgemein erzählt. Zum Glockenturme der Herz-Jesu-Kirche führt eine steinerne Wendeltreppe von 104 Stufen, welche aus circa $1^1/_2$ *dm* dicken Steinplatten bestehen, die Stufen sind alle bis auf ganz wenige Ausnahmen in der Nähe der Spindel quer durchgebrochen. Das konnte meiner Ansicht nach nur dadurch geschehen, dass der ganze Turm und die Treppe in schwingende Bewegung gerieten. Die senkrechten Risse in den Häusern sind die häufigsten in denjenigen Wänden, welche in der Richtung der Fortpflanzung der Welle liegen, wie das auch Wähner gelegentlich des Agramer Erdbebens beobachtet hat. Das ungemein häufige, teilweise Herausrutschen der mittleren Schlussstücke von gewölbten Thoren, Bogenfenstern u. s. w. kann nur durch ein momentanes Entlasten zu Stande kommen, wie das durch das Auseinanderneigen der seitlichen Stützen oder Wände hervorgerufen wird. Auch bei Fenstern mit rechteckiger Umgrenzung findet man häufig ein Stück des oberen Mauerteiles in die Fensteröffnung, während sich die Wand an einem senkrechten, durch die Fensteröffnung gehenden Spalte geöffnet hatte, herabgerutscht und beim Zusammenschliessen der getrennten Mauerteile wieder gefangen. Aber auch der vertikale Stoss der Welle hat sich in Laibach nicht unmerklich geltend gemacht, zwar, wo man horizontale Sprünge um die Gebäude oder Türme sieht, lassen sich dieselben wohl meistens als infolge einer Eigenart der Bauweise (Einlagerung von Holzbalken, Gesimsen u. s. w.) entstanden

erklären. Man berichtet aber vielfach von in die Höhe geworfenen Gegenständen, von Uhren, welche mit umgebogenen Haken befestigt waren und herausgeschleudert wurden, von Gegenständen, welche über andere (Kastengesimse u. s. w.) hinweggeflogen sind, von emporgeschleuderten Kaminen u. s. w.

Noch auf einen Umstand sei hier aufmerksam gemacht, welcher nach meiner Ansicht zur Charakteristik der Bewegungsform nicht wenig beiträgt. Es sind nämlich sehr oft anscheinend wenig stabile Gegenstände durch die Erschütterung nicht zum Falle gebracht worden, während das Gebäude, in welchem sie sich befinden, grossen Schaden erlitten hat, und die Kamine vom Dache gefallen sind. Es kann also auch eine starke Beschädigung eines Gebäudes unter Umständen einen schwächeren Grad der Erschütterung bedeuten, als das Umfallen eines hohen Zimmerleuchters, einer Lampe, eines Kastens u. s. w. Beispiele hierfür bieten die meisten oft schwer beschädigten Kirchen von Laibach und Umgebung, in denen ich fast immer belehrt wurde, dass von den zahlreichen freistehenden Gegenständen gar keine oder nur sehr wenige umgefallen sind. Eine grosse Menge von ähnlichen scheinbaren Widersprüchen konnte ich an Bauwerken beobachten. Wenige Beispiele mögen vor der Hand genügen, so ist z. B. ein 35 *m* hoher freistehender Kamin der Ziegelei von Koses (Laibach WNW) vollkommen unversehrt geblieben, während in den unmittelbar benachbarten, niedrigen Arbeiter- und Bauernhäusern sehr viele Giebelwände und auch einige innere Gewölbe eingestürzt sind. Im arg zerrütteten Schlosse Flödnig (nördlich von Gross-Kahlenberg) brach eine auf einem Ofen stehende grosse Urne am Halse ab, die übrigen Einrichtungsgegenstände, Leuchter, Gläser, Geschirre u. s. w., sind fast alle auf ihrem Platze geblieben. Der schwere, alte Bau des Strafhauses von Laibach (sogenannte Kastell) mit seinen 2 *m* dicken Mauern hat so starken Schaden gelitten, dass er vollkommen geleert werden musste, sämtliche Gewölbe sind zersprungen. Das im Hofe des Kastells stehende, leichtgebaute, neuere Gendarmerie-Wachthaus hat dagegen sehr wenig gelitten. (Die auf geneigtem Boden stehende kleine Militärwachtstube daselbst ist dagegen nach allen Seiten geborsten und vollkommen unbrauchbar geworden.) Auch auf Friedhöfen findet man ähnliches; ganz freistehende leichte Steinsäulen sind oft auf ihrem Platze geblieben, während grosse, schwere, aus mehreren Marmorblöcken bestehende Grabdenkmäler auseinandergerollt und zertrümmert sind. Solche und viele ähnliche scheinbare Widersprüche werden sehr leicht erklärt, wenn man bedenkt, dass alle Gegenstände von der Erdbebenwelle mit der gleichen Leichtigkeit bewegt werden, und dass die Schwere derselben oder andere Widerstände gegen die hier in Wirkung tretende Kraft keine Rolle spielen. Der Grad der zerstörenden Wirkung hängt nur von der Schnelligkeit der Bewegung und der Amplitude der Welle ab. Wenn sich der Boden rasch um einen bestimmten Winkel neigt, so werden starke und schwache

Mauern unwiderstehlich in gleichem Masse der Neigung folgen müssen; die Gewölbe, ob stark oder schwach, werden, teilweise entlastet, alle bersten müssen (ein leichter Traversenbau wird hier auch wegen grösserer Elastizität gegen einen schweren Gewölbebau im Vorteile sein), bewegliche Gegenstände werden ins Wanken geraten. Während jedoch die beweglichen Gegenstände wieder ins Gleichgewicht zurückgelangen können, bleibt der bei der ungleichen Neigung der Mauer entstandene Sprung unverschliessbar. Ist die Neigung einer Mauer vom Hause weg so stark, dass sie unter der inneren Decke heraus ausweicht, so muss diese einstürzen. Auf diese letztere Erscheinung beschränken sich hauptsächlich die stärksten Beschädigungen der Gebäude von Laibach und Umgebung.

Verdrehung von Kaminen, Obelisken, Grabsteinen u. s. w. sind hier eine ungemein häufige Erscheinung. Die Erklärung dafür ist allgemein bekannt. Ich will hier nur hinzufügen, dass z. B. auf einem steinernen Sockel locker aufsitzende Grabsteine bei dem Wanken des Bodens ins »Klappern« geraten. Den Beweis hierfür fand ich in einigen Friedhöfen (Altlack, Jochza) darin, dass kleine grüne Pflanzen zwischen den niederen Sockeln und dem Grabsteine eingezwickt waren. Dass ein derartig »klappernder« Grabstein, welcher sich auf einem Sockel befindet, der selbst wieder die Schwankung des Bodens mitmacht, nach verschiedenen Seiten hin und her rutschen kann und in den meisten Fällen zuletzt mit dem Sockel nicht mehr parallel stehen wird, ergiebt wohl eine einfache Überlegung.

Es ist bekannt, dass bei den meisten Erdbeben das akustische Phänomen der eigentlichen Erschütterung vorauseilt. Dasselbe wird auch von dem Laibacher Erdbeben allgemein berichtet. Eine nicht uninteressante Erscheinung beobachtete Bernhard, Restaurateur des Kurhauses in Stein. Seine Erzählung erscheint mir vollkommen glaubwürdig. Nach den ersten heftigen Stössen hatte sich eine kleine Zahl der aus den Häusern geflüchteten Leute im Saale der Kurhausrestauration versammelt. Bernhard beobachtete nun stets die Flamme des Lusters und konnte bemerken, dass kurz vor jedem der folgenden, heftigeren Stösse die Flamme ein lebhaftes Zittern wahrnehmen liess; das traf, wie berichtet wird, mit solcher Regelmässigkeit ein, dass Bernhard kurz vor jedem Stosse noch Zeit hatte, die Gesellschaft zu avisieren, und diese den Saal räumen konnte, bevor der eigentliche Hauptstoss eintraf. Es offenbarte sich auf diese Weise das feine Vibrieren des Bodens, welches nach allgemeiner Annahme der Hauptwelle vorauseilt. Durch diese Erscheinung erklärt sich wohl auch die wiederholte Angabe von dem plötzlichen Auffliegen von Vögeln, Scheuen von Pferden u. s. w. unmittelbar vor einem Erdbeben.

Die weite Ebene des nordkrainischen Diluvialbeckens wird unweit nördlich von Laibach durch zwei grössere, inselartig emporragende Hügelpartien unterbrochen. Die östliche von beiden

kulminiert im Uranschitza-Berge (641), die westliche im Gross-Kahlenberge (671), beide sind nahe auseinander gerückt, und der Gross-Kahlenberg ist bloss durch einen schmalen Kanal, welchen die Save durchfliesst, von den hauptsächlichsten aus paläozoischen und triassischen Gesteinen bestehenden Hügelketten nordwestlich von Laibach getrennt. — Der Südabhang des Gross-Kahlenberges besteht zu unterst aus Gailthaler Schiefer, darüber folgen Werfener Schiefer, und den grössten Teil des steilen Gehänges bilden Gutensteiner Dolomit und Hauptdolomit. Hier in dem felsigen Dolomitabhange kann man deutlich die Spuren des Bebens erkennen; viele grössere Blöcke sind ins Rollen geraten, und die frischen Bruchflächen der in Gruppen zerstreuten Trümmer zeigen, dass sie erst vor kurzem aneinander zerschellt sind. Auch an den von vielen Cleavageflächen mannigfach zerklüfteten kleinen Aufbrüchen längs des Weges kann man beobachten, dass das feinere Material losgebröckelt ist, und die Aufbrüche bieten einen frischeren Anblick dar, als man das sonst bei ähnlichen Vorkommnissen zu sehen gewohnt ist. Die Humusausfüllung etwas breiterer Klüfte ist stellenweise in Bewegung geraten und in kleinen, schwarzen Strömen auf den Weg geflossen. — Bei Ober-Pirnitsch, am Südwestfusse der dem Gross-Kahlenberge vorgelagerten Hügelgruppe, liegt ein mannshoher Dolomitblock auf der Strasse; in dem geneigten Grasboden oberhalb der Strasse hat derselbe mit jedem Sprunge eine tiefe Grube hinterlassen.

Vom Gross-Kahlenberge aus überblickt man die ganze Ebene bis an den rings umgebenden Saum von Bergketten. Man überblickt auch fast die ganze Reihe der schwer beschädigten Ortschaften. Im NNO liegt die hart getroffene Gemeinde Woditz, wo in 114 Häusern 80 Gewölbe eingestürzt sind, und 30 Häuser demoliert werden müssen. Im SSO, ungefähr in der gleichen Entfernung wie Woditz (ca. 9 *km*), liegt Laibach, dessen Schicksal bekannt ist. Im Süden zieht sich die Reihe hart mitgenommener Ortschaften, Schischka, St. Veit, Wischmarje, Tarzen u. s. w., von Laibach gegen den Fuss des Berges. Im NO liegt das halb zerstörte Schloss Flödnig. — Man muss staunen, wie wenig die Kirche und der Pfarrhof auf dem Berge selbst gelitten haben. Bis auf einige kleine Sprünge in den Decken ist fast nichts geschehen. Da ist z. B. die Kirche in dem entfernten Idria oder von Niederdorf bei Zirknitz viel schwerer beschädigt. — Der Gross-Kahlenberg ragt gleichsam als Insel relativ schwächerer Erschütterung aus der Ebene hervor. Auch in der Hügelgruppe des Uranschitza-Berges verhält es sich ähnlich, indem die Häusergruppen von Rasses, Podkot, Schenkenturm u. a. viel weniger gelitten haben als die Umgebung. Aber zwischen den beiden Bergen bilden die schwer beschädigten Ortschaften St. Martin, Skarnitsche und Repne gleichsam eine Brücke von dem Gebiete starker Erschütterung von Laibach zu dem der nördlichen Ebene.

Blickt man vom Gross-Kahlenberge aus gegen Norden, so sieht man hier, in der direkten Fortsetzung der Linie Laibach—St. Martin (NNW), die Ortschaften Winklern, Hielben und St. Georgen, welche ebenfalls sehr stark beschädigt sind, indem die Linie stärkster Erschütterung hier beiläufig die Mitte der Ebene einhält. Gegen Krainburg zu, welches Städtchen auf einer Konglomeratterrasse liegt, und das keinen nennenswerten Schaden zu verzeichnen hat, nimmt die Intensität augenscheinlich rasch ab; auch Stein am Rande des nordöstlichen Gebirges hat wenig gelitten, während die Ortschaften Mannsburg, Tersain, Domschale u. s. w. in der östlichen Ebene sehr hart mitgenommen wurden. — Mit einem Worte, es ist die aus Schotter bestehende Ebene, in welcher sich das Phänomen in seiner ganzen Heftigkeit zeigt, und welche als das pleistoseiste Gebiet bezeichnet werden muss.

Die allgemeine Angabe, dass in Laibach die Erschütterung, als von Süden kommend, vernommen wurde, scheint mir — unterstützt durch meine eigenen Beobachtungen — massgebend genug zur Annahme, dass der tektonische Vorgang, durch welchen das Beben hervorgerufen wurde, südlich von Laibach stattgefunden hat. Die gewaltige Erschütterung der diluvialen Ebene halte ich für eine lokale, stärkere Äusserung der Bewegung, hervorgerufen durch die Beschaffenheit des Untergrundes. Wie sich, wenn man eine Stelle einer Metallplatte mit Sand bestreut und den Rand der Platte mit einem Violinbogen streicht, die feine Schwingung der Platte im Sande in lebhafte Bewegung umsetzen wird, so mochte die Bewegungswelle des älteren Gesteins, eintretend in die beweglichen Schotter des Diluviums, dieselben zu relativ heftigerer Bewegung veranlasst haben. Auch die Fortpflanzungsrichtung der Bewegung in der Ebene mochte unter dem lokalen Einflusse bedeutend modifiziert worden sein, da sie von der gesamten Längserstreckung des Hauptschüttergebietes so sehr abweicht.

Die eigentliche »Stosslinie« (um den gebräuchlichen Ausdruck zu verwenden) und ihre tektonischen Beziehungen zu finden, wird die Aufgabe sein, welcher ich mich in der nächsten Zeit widmen werde. Bisher beschränkte ich mich hauptsächlich deshalb auf die Umgebung von Laibach, weil ich von der Überzeugung ausging, dass die am stärksten beschädigten Gebiete möglichst bald studiert werden müssen, solange noch die Spuren des Phänomens in möglichst vollkommener Deutlichkeit erhalten sind.

Zum Schlusse noch ein paar Worte über die oftmals auftauchenden Gerüchte von Veränderungen an der Erdoberfläche. Wenn etwas von Erdrissen in den Zeitungen steht, so stellen sich dieselben vielleicht als ganz unbedeutende Sprünge in der Strasse heraus, die infolge des Nachgebens einer Füllmauer entstanden sind. Oder man wird vielleicht an Ort und Stelle aufgeklärt, dass die Risse schon vor dem Erdbeben vorhanden waren. Was die Niveauänderungen der Berge betrifft, ist es mir auch schon vorgekommen,

dass die Leute an Ort und Stelle garnichts davon wussten, während die Zeitungen darüber berichteten. Am hartnäckigsten behauptet sich der Fall von dem Hügel zwischen Seebach und Gross-Kahlenberg. Er soll niedriger geworden sein, und die Bauern behaupten auf das bestimmteste, von ihren Häusern aus jetzt freieren Ausblick gegen jenen Berg zu haben als früher. Die Zeitungen behaupten, dass das bloss auf Ausholzungen auf dem Berge zurückzuführen sei. Die Bauern leugnen das aber auf das bestimmteste, und ich konnte auch an Ort und Stelle konstatieren, dass die Ausholzungen schon vor mehreren Jahren stattgefunden haben. Für mich ist aber am massgebendsten, dass auf dem relativ ca. 80 *m* hohen Hügel, der 4—8 *m* niedriger geworden sein soll, nicht die geringste Spur einer Veränderung wahrzunehmen ist. Deshalb glaube ich auch, dass die Sache mehr als ein Kapitel zur menschlichen Psychologie, als ein Kapitel der Gebirgstektonik zu betrachten ist.«

Die beiden grossen Erdbeben in Lokris im April 1894. Die furchtbare Katastrophe, welche am 20. April 1894 das fruchtbare Lokris im Nordosten von Mittelgriechenland verheerte, und dem am 27. April ein noch stärkeres Beben folgte, welches in seinen letzten leisen Wellen bis nach Wilhelmshaven, Nordengland und Russland sich ausbreitete, ist bereits von Prof. Mitzopulos geschildert worden. Unabhängig von ihm hat auch Dr. Theodor G. Skuphos diese Erdbeben untersucht, und sein Bericht über dieselben ist nunmehr auch in deutscher Sprache erschienen[1]. Derselbe bringt eine Fülle von gut beobachteten Thatsachen, und ebenso sind die Schlüsse, welche der als vortrefflicher Geologe bekannte Beobachter daraus zieht, von grosser Bedeutung.

Was das erste Erdbeben (am 20. April 1894) anbelangt, welches die Zerstörung von Atalanti zur Folge hatte, so war Dr. Skuphos fünf Tage später in diesem unglücklichen Orte. Seinen Bemühungen ist es zu danken, dass die Einwohner nicht in die Trümmer ihrer Wohnungen zurückkehrten, und dadurch Verluste von Menschenleben am 27. April verhütet wurden. Das Epizentrum des Bebens vom 20. April lag nach Dr. Skuphos höchstwahrscheinlich im Euböischen Meere zwischen dem Kandiliberge und der Halbinsel Aëtolyma, dicht an den Bruchzonen, die entlang der Küste der letzteren laufen. Skuphos unterscheidet je nach dem Grade der Zerstörung vier seismische Zonen dieses Erdbebens. »Sie bilden vier einander umfassende Ellipsen, deren grössere Axe von Südosten nach Nordwesten streicht und mit der Richtung des Euböischen Meeres zusammentrifft, d. h. das Erdbeben ist entlang den alten Bruchzonen, welche die Bildung des Euböischen Golfes hervorgebracht haben, besonders thätig gewesen. Die Axe der ersten seismischen Zone hat ungefähr eine Länge von 33 *km*, die

[1]) Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde in Berlin **29.** Nr. 6.

der zweiten eine solche von 55, die der dritten von 105 und endlich die der vierten nach den vorhandenen Mitteilungen die Länge von fast ganz Griechenland, d. h. von Trikkala und noch etwas nördlicher bis zu den Kykladen, und zwar bis nach der Insel Jos. Es ist hier auch gleich zu bemerken, dass sich die stärkeren Wirkungen auf dieser Axe mehr in der Richtung nach Nordwesten als nach Südosten gezeigt haben. Die Richtung der grossen seismischen Axe der Ellipse wird von der der kleinen seismischen Axe durchkreuzt, deren Richtung infolgedessen von Nordosten nach Südwesten verläuft. In der Richtung der kleinen Axe war auch die Einwirkung des Erdbebens bedeutend schwächer. Die Länge dieser kleinen Axe für die erste seismische Zone war 14, für die zweite 30, für die dritte 68 *km* und endlich für die vierte die ganze Breite von Griechenland, d. h. wahrscheinlich von Zante bis nach der Insel Skyros. Auf dieser kleinen seismischen Axe der Ellipse war die Intensität der Einwirkung des Erdbebens im Südwesten stärker als im Nordosten, wie die vorher erwähnten Beobachtungen auf der Insel Euböa beweisen; daher liegen auch die nordöstlichen Bögen der Ellipsen im Euböischen Kanale sehr nahe der Küste von Lokris und zeigen auf dieser Seite eine Abflachung.«

Das zweite Erdbeben (am 27. April) traf den Beobachter in einem Orte südlich von Atalanti. Der Hauptstoss erfolgte $9^h\,21^m$ abends, und er wurde von furchtbarem unterirdischen Getöse begleitet. Dr. Skuphos schreibt: »Von der Gewalt dieser Erschütterung lässt sich nicht leicht eine Beschreibung geben, da man keine richtigen und passenden Ausdrücke dafür finden kann, und nur diejenigen, welche es erlebt haben, sich der Erscheinungen wohl erinnern, aber sie nicht in Worten wiedergeben können.

Die von unten nach oben stossende Kraft war eine solche, dass die anwesenden zwei Offiziere und ich, obwohl wir uns auf dem Erdboden fest aneinander hielten, nicht auf dem Boden blieben, sondern uns auf und ab bewegten, wie Gummibälle, welche die Kinder springen lassen. Die letzte nach unten gehende Bewegung war derart, dass alle Leute ein Gefühl hatten, wie wenn sie mit einem Aufzug von einem hochgelegenen Punkte durch verschiedene Luftschichten allmählich zum Horizonte hinabstiegen. Dasselbe Gefühl hatte auch der Bürgermeister und sämtliche Offiziere und andere gebildete Leute in Atalanti.

Nach einigen Sekunden folgten undulatorische Erderschütterungen von Osten nach Westen, welche mit grosser Gewalt eine ganze halbe Stunde mit Unterbrechungen anhielten. Jeder Stoss dauerte fünf bis acht Sekunden. Die bei diesem Erdbeben gebildeten seismischen Wogen des Bodens waren auch mit blossen Augen bemerkbar. Gehen oder Stehen war auf dem Erdboden unmöglich, weil die Höhe der Wogen derartig war, dass bald der eine und bald der andere Fuss auf der Höhe der Wogen war, und so plötzlich und schnell fand dieses unwillkürliche wechselweise Niedergehen der

Füsse statt, dass man hätte glauben können, die Leute tanzten »pas des quatre«.

Der durch diese schreckliche, angsterregende, wellenförmige Bewegung des Bodens hervorgerufene Zustand wurde noch mehr verstärkt durch das unaufhörliche, wie von Tausenden von Kanonen erzeugte furchtbare unterirdische Getöse.

13 Minuten ungefähr blieb darauf der Boden in Ruhe, bis uns um 10^h ein neues, nicht minder schreckliches unterirdisches Getöse von unseren Plätzen aufschreckte, da demselben gleichzeitig auch eine sehr starke von Osten herkommende undulatorische Erschütterung von neun Sekunden Dauer folgte. Alle, die in dem Zelte waren, wurden von neuem in Angst versetzt und machten sich auf eine grössere Katastrophe gefasst. Die Flucht in die Gebirge, welche einige vorgeschlagen, ist in so schrecklicher Stunde sehr gefahrvoll wegen der Abrutschungen von Felsen und der Bildung von Rissen u. s. w.«

Bei diesen Erdbeben wurden Überschwemmungen durch Meereswogen beobachtet. Zunächst in dem Orte Halmyra. Während man noch das unterirdische Getöse hörte, das dem gleich nachfolgenden Erdbeben voranging, befand sich das Meer in grosser Bewegung nach dem Lande zu; bei seinem Zurücktreten wurde ein dumpfer Ton gehört, dann kehrte es plötzlich wieder auf das Festland zurück, den Boden und die Landstrasse bedeckend. Diese Erdbebenwoge hat auf der Landstrasse eine Menge von kleinen Fischen und anderen Tieren, sowie Pflanzen des Meeres zurückgelassen.

Die zweite Stelle, wo die Erdbebenwoge beobachtet wurde, war die Rhede von Atalanti. »Hier haben glücklicherweise die Bewohner dieser Meereserscheinung nur als Zuschauer von fern beigewohnt. Das Meer schien auch hier während des Erdbebens sehr erregt, trat plötzlich zurück und schnellte mit schrecklichem Getöse in einer Woge auf das Land. Die auf der Küste seit 24 Stunden für die unglücklichen Einwohner von Lokris ausgeladenen 2000 Brote wurden beim Zurücktreten der Woge verschlungen, ebenso wurde ein Kahn, welcher dort irgendwo auf die Küste gezogen war, mit erfasst und in einer Entfernung von 30 *m* von der Küste umgeschlagen.

Hier ist das Küstenland nur in geringer Tiefe und in sehr geringer Breite vom Meerwasser überschwemmt, jedoch ist ein grosser Teil des nach Südosten geneigten Hafendammes vollständig im Wasser verschwunden.

Dann ist über eine dritte Beobachtung der Erdbebenwoge berichtet, welche das malerische Küstenland von Hagios Konstantinos heimgesucht hat. Hier ist das Meer in jener schrecklichen Nacht des Charfreitag mit furchtbarem Getöse 50 *m* von der Küste zurückgetreten und dann plötzlich hochgestiegen, um als Erdbebenwoge wieder zurück auf das Land zu fluten und die Küste mit den darauf stehenden Häusern zu überschwemmen. Der Zollbeamte in

Hagios Konstantinos befand sich zu dieser Zeit auf der Strasse neben einer Ölmühle, wo ihm infolge der Woge das Meereswasser bis ans Knie reichte, während ein Kahnführer, der seinen Kahn zum Abfahren vorbereitete, plötzlich mit seinem Kahne durch die grosse Gewalt der Woge ziemlich weit landeinwärts geworfen wurde.

Hier zeigten sich entlang der Küste viele parallele Spalten, deren eine (350 *m* lang) eine Landstrecke von mehr als drei Stremmata (Morgen) von dem übrigen Lande abgetrennt hat, welche mit den darauf befindlichen Olivenbäumen, Gebüschen und niedrigeren Pflanzen im Meere versank. Eine zweite, der ersten parallele Spalte hat eine Insel von 42 *m* Länge und 55 *m* Breite gebildet, welche durch eine Meerenge von $3^1/_2$ *m* von dem Festlande getrennt ist.

Ein ähnlicher Vorgang wie in Hagios Konstantinos scheint gegenüber an der Küste von Achladion nach den telegraphischen Berichten des Prof. Dr. Mitzopulos stattgefunden zu haben.

Ferner sind am Kap Logga während des Erdbebens vom Charfreitag durch Spalten, die von Südosten nach Nordwesten streichen, parallel zu der dortigen Küste grosse Teile des vom Loggaflusse angeschwemmten Kaps im Meere verschwunden. Die versunkene Landstrecke beträgt etwa fünf bis sechs Stremmata.«

Auf die Gewässer der heimgesuchten Gegenden hat das Erdbeben am 27. April erheblich eingewirkt, manche Quellen blieben eine Zeitlang aus, andere veränderten ihren Wasserreichtum.

Das Erdbeben vom 20. April hat nur wenige und unbedeutende Risse und Spalten im Boden hervorgerufen, um so bedeutendere dagegen das Beben am 27. April. Dr. Skuphos sagt hierüber: »Weitaus die bedeutendste Spalte ist die, welche dem Euböischen Golfe entlang in einer Länge von 55 bis 60 *km* parallel der Küste verläuft. Diese Spalte fängt im Südosten am Kap Gatza in der Bucht von Skroponeri an und endet im Nordwesten in der Anschwemmungsebene, die zwischen Hagios Konstantinos und Molos sich ausbreitet. In ihrem Verlaufe durchschneidet diese Spalte von unten nach oben folgende Formationen: Dolomite, Kalke und Schiefer der Kreideformation; Mergel, Konglomerate und Sandsteine der Neogenformation; Anschwemmungen des Alluviums und ferner Serpentine und andere Eruptivgesteine. Die Kreidekalke hat diese Spalte einmal am Skroponeri- und Pasariberge mit sehr kleiner Sprunghöhe, dann aber bei Halmyra auf eine Entfernung von mehr als 200 *m* mit einem Niveauunterschiede von 30 *cm* durchschnitten. Auch weiter nordwestlich sind Kreidekalke von der Spalte durchschnitten, aber mit sehr kleinem Niveauunterschiede und auf geringe Entfernung. Dagegen sind die Neogenschichten auf grosse Entfernung und mit grossen Sprunghöhen durchschnitten, und dies ist noch mehr in den Anschwemmungen der Fall.

Der geographische Verlauf der Spalte von Südost nach Nordwest ist folgender: Sie fängt am Kap Gatza an, durchschneidet die

südwestlichen Abhänge des Skroponeriberges, die entsprechenden Abhänge des Pasariberges; von dort weiter nach Südosten gelangt sie zu dem einzigen Brunnen des Dorfes Martino, welcher nordöstlich vom Dorfe in der alten, kesselartig eingesenkten Hochebene liegt, steigt nachher zu der Strasse hinauf, die von Martino nach Proskyna führt und schneidet dieselbe in einer Entfernung von fünf Minuten nordwestlich vom Dorfe Martino, geht an der Ortschaft Chiliadu vorbei, wo die alte Stadt Korseia gelegen haben soll, schneidet die nordöstlichen Abhänge des Chlomosgebirges $^{1}/_{2}$ Stunde vom Dorfe Proskyna entfernt, zieht sich dann entlang der Ebene von Atalanti, durchschneidet die Ortschaft Halmyra und mit einer mehr westlichen Biegung die breite Ebene von Atalanti dicht an den Abhängen des Chlomosgebirges und oberhalb der Stadt Atalanti, welche sie einschliesst, worauf sie die nordöstlichen Abhänge des Rhodaberges schneidet. Von hier ab macht die Spalte eine Biegung nach Nordwesten, geht zwischen den Orten Kalamaki und Arkudari hindurch, schneidet die Nordostabhänge des Epiknemisberges, passiert südwestlich von Hagios Konstantinos, bildet dort mehrere mehr oder weniger kleine Risse und verschwindet in der Ebene, die sich jenseits von Hagios Konstantinos ausdehnt, in der Nähe dieses Ortes und von Thronion.

Ausser dieser Spalte, welche also einen langen und breiten Landstrich von Mittelgriechenland abgetrennt hat, sind noch andere Spalten entstanden. Zunächst diejenige, welche bei Mulkia beginnt, einem Orte gegenüber der südlichen Spitze der Insel Atalanti, die Ebene von Atalanti von Nordosten nach Südwesten quer durchschneidet und mit der grossen Spalte am südöstlichen Ende des Rhodaberges zusammentrifft. Diese Spalte hat eine Länge von ungefähr 7 *km* und hat nordwestlich eine 30 bis 50 *cm* tiefe Einsenkung der Ebene von Atalanti hervorgerufen. Ferner hat sie die Strasse, die von Atalanti nach Proskyna führt, durch strahlenförmige und sich vielfach kreuzende Risse so verworfen und auseinander gesprengt, dass man sie zu Wagen gar nicht mehr und selbst zu Pferde nur mit grosser Vorsicht passieren kann. Der Abstand der Ränder ist gewöhnlich 15 bis 20 *cm*, verringert sich aber ab und zu bis auf 5 *cm* und steigt auch bis 25 *cm*.

Eine andere Spalte befindet sich in der Stadt Atalanti selbst. Diese Spalte zweigt sich ein wenig ausserhalb der Stadt in der Ebene von Atalanti in südöstlicher Richtung von der grossen Spalte ab, schneidet das südöstliche Stadtviertel und läuft am Brunnen von Pasari wieder in die grosse Spalte aus, so dass ein elliptischer Landstrich von ungefähr 800 *m* Länge und 300 *m* Breite eingeschlossen wird. Dieser eingeschlossene Landstrich zeigt eine Niveauveränderung von 1 bis $1^{1}/_{2}$ *m* Tiefe.

Eine andere, ebenfalls einen elliptischen Landstrich umschliessende Spalte hat sich südwestlich von der Ortschaft Kyparissi gebildet. Der von dieser Spalte umschlossene Tertiärhügel hat die

Richtung von Südosten nach Nordwesten, eine Länge von über 2 *km* und eine Breite von ungefähr 800 *m*. Die Spalte kann man auch als eine Gabelung der grossen Spalte betrachten, da die grosse Axe der Ellipse in die Richtung der grossen Spalte fällt. Die durch die Einsenkung dieser Scholle hervorgebrachte Niveauveränderung beträgt 35 bis 40 *cm*. Die Kluft hat eine Breite von 25 bis 45 *cm*.

Ferner ist von einer Spalte bei dem Dorfe Skenderaga zu berichten, welche ebenfalls einen länglichen Landstrich tief eingesenkt hat. Die Länge desselben ist etwa 500 *m* und die Breite 35 bis 45 *m*. Die Einsenkung ist 15 bis 20 *m* tief und hat den Lauf eines Giessbaches unterbrochen, der jetzt einen kleinen See bildet.

Ebenso fand ich bei den Dörfern Livanataes und Arkitsa Risse von 100 bis 150 *m* Länge mit der Richtung von Südosten nach Nordwesten. Aber viel bedeutender sind die zahlreichen und der Küste zwischen dem Kap Knemidos und Logga parallelen Spalten, welche auch der grossen Spalte parallel sind; ihre Länge beträgt 5 bis 7 *km*. Von besonderem Interesse aber ist die Spalte, welche einen Landstrich von 3 bis 4 □ Stremmata (Morgen) bei Hagios Konstantinos und ebensoviel am Kap Logga in das Euböische Meer versenkt hat. Ferner hat noch eine zweite Spalte parallel zu dieser, wie schon oben erwähnt, eine Insel von 42 *m* Länge und 15 *m* Breite durch eine Meerenge von $3^1/_2$ *m* von dem Lande abgetrennt.«

Was die grosse Spalte, der er den Namen »der Lokrische Bruch« giebt, anbelangt, so beschreibt Dr. Skuphos dieselbe wie folgt: »Der Lokrische Bruch, welcher die Abtrennung einer grossen Scholle hervorgerufen, hat nicht überall auf seiner Ausdehnung dieselbe Absenkung hervorgebracht, sondern diese ist dort, wo die Schichten aus sehr dichtem und festem Gesteine bestehen, selbstverständlich geringer; die Veränderungen aber, die er gerade dort angerichtet hat, sind sehr bedeutend, da dort Einstürze von Höhlen, Abtrennungen von Felsen veranlasst wurden. In den Schichten der lockeren Neogenformation und in den Alluvionen ist die Absenkung bedeutend grösser, aber ohne Lärm vor sich gegangen und hat nicht solche Zerstörungen hervorgerufen, wie z. B. entlang der Ebene von Atalanti von der Ortschaft Chiliadu bis zu der Strasse nach Levadiá und noch weiter jenseits derselben.

Die grösste Sprunghöhe der Spalte beträgt ungefähr 2 *m*, gewöhnlich aber etwas mehr als 1 *m*, mit Ausnahme des Kreidekalkes, wo sie gewöhnlich 30 *cm* beträgt, manchmal auch nur 5 bis 6 *cm* oder noch weniger.

Die Entfernung der Ränder der Spalte voneinander erreicht 4 *m*, meistens aber ist sie weniger als $1^1/_2$ *m*, manchmal nur 25 *cm* oder auch nur 5 bis 6 *cm*, wie in den Gesteinen der Kreideformation.

Über die sichtbare Tiefe der Spalte kann man nicht mit Sicherheit sprechen; es scheint aber, dass sie an einigen Stellen, wenn man die hineingestürzte Erde abrechnet, 15 bis 20 *m* tief ist, meistens aber reicht die sichtbare Tiefe nicht weiter als bis $2^1/_2$ *m*, manchmal wird sie noch bedeutend seichter, wie in den Kalken der Kreideformation. Trotz der geringen sichtbaren Tiefe ist es unmöglich, dass eine Spalte, welche eine solche ungeheure Ausdehnung besitzt, nur oberflächlich sein sollte, sondern sie muss noch weiter in die Erdkruste hineinreichen. Wie tief sie aber eindringt, ist mit Sicherheit zu bestimmen sehr schwer; mit Gewissheit aber kann man sagen, dass ihre Tiefe nicht weniger als 71 *m* in der Mitte ihrer Länge betragen kann, welche bei der Stadt Atalanti zu suchen ist. Diese Tiefe habe ich selbst berechnet, geleitet durch den Gedanken, dass eine Spalte mit der Länge eines Erdbogens von 60 *km*, wie die Lokrische Spalte von Skroponeria bis Molos sie ungefähr hat, sicher von der Oberfläche in der Erdkruste wenigstens bis an die Sehne dieses Erdbogens hinabreichen muss. Die Entfernung der Sehne in ihrer Mitte bis zum Bogen habe ich als 71 *m* gefunden.

Ausser der sichtbaren Einsenkung der Lokrischen Scholle aber, d. h. der senkrechten Dislokation, hat auch eine horizontale Verschiebung stattgefunden, wie man leicht bemerken kann, wenn man die in die Spalte gestürzten Erdklösse betrachtet. Sämtliche haben Risse bekommen, welche nicht senkrecht zur Spalte stehen, sondern unter einem Winkel; also sind auch die Erdklösse in der Richtung des Schenkels dieses Winkels gedreht worden. Eine solche Drehung kann nicht zufällig sein, sondern muss durch die Verschiebung der Lokrischen Scholle entstanden sein, sonst müssten alle die Richtung von Südwesten bis Nordosten haben, während sie jetzt die Richtung von Südsüdwesten bis Nordnordosten besitzen. Ferner ist auch z. B. das trockene Bett eines Wasserlaufes, der vor der Bildung der grossen Spalte die Richtung der Spalte senkrecht schnitt, jetzt in seiner Richtung unterbrochen, indem der auf der abgetrennten Scholle liegende Teil nach Nordwest verschoben ist. Diese zwei Beobachtungen genügen vollständig, um zu zeigen, dass wirklich eine Verschiebung stattgefunden hat, und zwar von Südosten nach Nordwesten.

Prof. Dr. Mitzopulos ist der Ansicht, dass die Lokrische Scholle, die von der Spalte abgetrennt wurde, nicht eine Einsenkung infolge einer tektonischen Verwerfung darstellt, sondern eine einfache Abrutschung nach Nordosten zu, d. h. dass der ganze Vorgang eine Oberflächenerscheinung ist. Gegen diese Ansicht, welche ich vielleicht annehmen könnte, wenn die Spalte sich nur auf einen Teil der Ebene von Atalanti beschränkte, habe ich folgendes zu sagen.

1. Die ungeheure Länge der ungefähr 60 *km* langen Lokrischen Spalte lässt es so gut wie unmöglich erscheinen, dass ein Teil des Bodens in einer solchen Ausdehnung abrutschen könne, nicht einmal

senkrecht zu einer Längsausdehnung, während wir schon in den oben erwähnten Beobachtungen nachgewiesen haben, dass auch eine Verschiebung nach Nordwesten stattgefunden hat, d. h. nach der Richtung des Erdbebens selbst und nicht senkrecht zu seiner Richtung.

2. Das Einfallen der verschiedenen Schichten der Lokrischen Scholle der Spalte entlang. Wenn nämlich eine Abrutschung stattgefunden hätte, so müssen vor allen Dingen die tektonischen Verhältnisse es gestatten, d. h. der zur Abrutschung bestimmte Teil muss in der ganzen Länge seiner sämtlichen Schichten dasselbe Einfallen haben und im Sinne der Richtung der Abrutschung, und wenn auch irgendwo eine Schichtenordnung mit anderem Einfallen vorkäme, so müsste sie so unbedeutend sein, dass die allgemeine Abrutschung sie einfach mitschleppen könnte. Hier aber liegt nicht nur keiner der obigen Fälle vor, sondern die Schichten fallen nach der der Abrutschung entgegengesetzten Richtung ein, und zwar sind die Eruptivgesteine des Berges Rhoda ungeschichtet; sie zeigen nur eine Bankabsonderung und zufälligerweise auch diese nach Südwesten. Ferner sind dann die Schichten der Tertiärformation, d. h. die Sandsteine, Mergel, Kalkmergel, Konglomerate, welche sich nordwestlich von dem Berge Rhoda verbreiten, nämlich bis nach Livanataes und weiter, horizontal, oder sie haben ein südliches oder südwestliches Einfallen, während gleichzeitig, und das ist auch das Wichtigste, sämtliche Kreideschichten mit den darauf liegenden tertiären Gebilden in der ganzen Länge der Spalte von Nordwesten bis Südosten streichen und südwestlich 10 bis 35° einfallen, d. h. nach der der vermutlichen Abrutschung entgegengesetzten Richtung.

3. Die ungleichartige petrographische und geologische Zusammensetzung der Scholle. Wie ich schon oben gezeigt habe, und wie man auch sehr deutlich auf der geologischen Karte der heimgesuchten Gegenden sehen kann, ist es sehr schwer zu begreifen, dass so ungleichartige Schichten von so verschiedenartiger tektonischer Stellung eine gemeinsame Abrutschung erfahren haben und noch dazu in solcher Ausdehnung.

4. Die Breite dieser Landstriche (10 bis 12 *km*) ist eine solche, und die durch die Abrutschung hervorgerufene Reibung würde auf einer so grossen Fläche so bedeutend sein, dass von Anfang an die Abrutschung vereitelt würde.

5. Wenn eine solche Abrutschung nach Südwesten stattgefunden hätte, d. h. nach dem Kopaissee und der Ebene von Theben, Levadia u. s. w. zu, so könnte ich mir das vielleicht vorstellen, weil viele Vorbedingungen dafür sprechen würden, aber doch auch wieder nicht leicht zugeben. Wir haben es hier aber mit der vermutlichen Abrutschung nach Nordosten zu thun, gegen deren Möglichkeit ja alle Vorbedingungen sprechen.

Aus allem diesem ersieht man also, dass die Lokrische Spalte eine Verwerfung ist, die nicht eine Abrutschung nach Nordosten, sondern eine Einsenkung, d. h. senkrechte Dislokation hervorgebracht

hat, mit welcher gleichzeitig eine horizontale Verschiebung nach Nordwesten, also in der Richtung des Erdbebenstösses verbunden war.

Eine seismogene Spalte also, und zwar durch ein tektonisches Beben hervorgebracht, deren Länge wenigstens 55 bis 60 *km*, deren sichtbare Tiefe, nach Abrechnung der hineingefallenen Erde 15 bis 20 *m* beträgt, deren geringste Tiefe ich als Höhe des Erdbogens von 60 *km* zu seiner Sehne auf 71 *m* berechnet habe, bei welcher der durch sie abgetrennte Landstrich eine sichtbare Einsenkung bis zu 2 *m* und gleichzeitig eine Verschiebung von einigen Zentimetern nach Nordosten erfahren hat, welche, um die Richtung von Nordosten nach Südwesten beizubehalten, d. h. eine Richtung, welche den Bruchzonen des Euböischen Golfes, den Einsenkungen des Kopaissees, der Ebene von Levadia, des Thales des Melasflusses u. s. w., auch der Bruchzone des Korinthischen Golfes parallel ist, weder die Kreidekalke, noch die harten Eruptivgesteine des Berges Rhoda u. s. w. verschont hat — eine solche Spalte kann man nicht als einen einfachen Riss in den Oberflächengebilden auffassen, sondern man muss sie als Dislokationsverwerfung ansehen, welche eine senkrechte und gleichzeitig horizontale Niveauveränderung hervorgebracht hat.

Ich gehe noch weiter und betrachte alle diese seismischen Spalten, z. B. in der Ebene von Atalanti, von Skenderugu, an der Küste von Hagios Konstantinos und Loggos einerseits und der gegenüberliegenden Küste von Achladion u. s. w. anderseits, wie auch alle Spalten, welche Veränderungen der Tektonik und der senkrechten und horizontalen Gliederung jener Gegend verursacht haben, als einfache Dislokationsspalten. Wenn wir annehmen möchten, dass die Lokrische Spalte eine weitere Entwickelung erfahren würde, indem sie eine noch grössere Erweiterung des Euböischen Golfes hervorriefe, entweder durch weitere Abtrennung und Einsenkung der Lokrischen Scholle, deren höher gelegene Punkte dann als Inseln sichtbar bleiben würden — dann würde selbstverständlich niemand auftreten, der nicht der Ansicht wäre, dass wirklich eine tektonische Erscheinung stattgefunden habe, und zwar von grosser Bedeutung. Aber was ist denn anderes bei den kleinen Spalten eingetreten, als bei den grossen Spalten, nämlich kesselartige Einsenkungen und infolge davon Bildung eines Sees, Einsenkungen und Bildung einer Insel mit Versenkung von Erdteilen in die Meereswogen u. s. w. Und bei den grossen Erscheinungen wird niemand dagegen sprechen, dass sie tektonischen Ursprungs sind, während die anderen Spalten so erklärt werden, dass sie der Einwirkung ihres eigenen Gewichts einfach nachgegeben und ins Meer versenkt sind. Aber wie steht es denn mit dem Meeresgrunde, welcher überall tiefer geworden ist?

Die Ursache für solche Erklärungen liegt darin, dass man in der Geologie bis jetzt gewöhnt ist, Dislokationsspalten nur in früheren Erdepochen zu beobachten, während man für alles, was sich heutzutage vor unseren Augen entwickelt, auf möglichst einfache Weise

die Erklärung zu geben versucht, was meiner Meinung nach nicht immer das Richtige ist.

Auf dem Isthmus von Korinth z. B., den man als durch eine relative Hebung gebildet zu betrachten gewohnt ist, giebt es eine ganze Anzahl Verwerfungen, und zwar in sehr kleinem Massstabe; trotzdem hält kein Geologe sie für etwas anderes, da sie zur Veränderung der Tektonik und der senkrechten und horizontalen Zerstückelung beigetragen haben, und das geschieht, weil diese Erscheinungen in früheren geologischen Zeiten stattgefunden haben.

Es ist ferner von Prof. Dr. Mitzopulos und Dr. Papavasiliu gesagt worden, dass nur in sehr ferner Zukunft, nach Myriaden von Jahrhunderten, die wissenschaftlich unbestimmbar seien, die Abtrennung der Scholle eine Einsenkung hervorrufen und dadurch eine Überschwemmung und eine Erweiterung des Euböischen Golfes herbeiführen oder eine Insel bilden könne, oder, wie sie noch anders sich ausgedrückt haben, nur nach Verlauf von Millionen von Jahren, und zwar nach und nach, würde das Versinken des abgetrennten Teils statthaben können.

Man kann gegen alles dieses nichts anderes sagen, als dass die Zeit der Entwickelung irgend einer geologischen Erscheinung, deren Grund uns nur theoretisch bekannt ist, nicht bestimmt werden kann. Die Verwirklichung einer Erscheinung, welche einmal in ihren Anfängen zu Tage getreten ist, kann in jeder Zeit stattfinden. Seit ihrem Auftreten jedoch droht immer die Gefahr der Verwirklichung, wie bei einem zum Fallen geneigten Hause immer die Gefahr des Einsturzes droht, und doch der Baumeister nicht im stande ist, die Zeit des Einsturzes zu bestimmen, obwohl er dort alles in kleinen Verhältnissen vor Augen hat und genau prüfen kann. Um zu zeigen, wie unhaltbar eine Bestimmung der Zeit ist, in welcher die Verwirklichung einer Erscheinung statthaben kann oder muss, könnte ich zum Beispiel ja auch eine Frist in folgender Weise bestimmen: Wenn jährlich ein Erdbeben wie das vom Charfreitage stattfindet, und wenn bei jedem solchen Erdbeben eine Einsenkung des Bodens wie am 27. April, d. h. von 2 *m*, erfolgt, so würde nach Verlauf von 90 Jahren oberhalb von Atalanti der höchste Punkt der Lokrischen Spalte, der jetzt 180 *m* Höhe über dem Meeresspiegel hat, Meeresgrund bilden.

Daher glaube ich, dass die Anfänge der Erscheinungen, welche durch das Erdbeben vom Charfreitage zu Tage getreten sind, eine weitere Entwickelung und Ausführung zu jeder Zeit und nicht nur in weit entlegener Zukunft erfahren können.«

Was die Tiefe des seismischen Zentrums anbelangt, so versuchte Dr. Skuphos, dieselbe nach der Mallet'schen Methode zu bestimmen. Er findet für das erste Erdbeben etwa 7000, für das zweite 11000 *m*, doch sind diese Werte, schon weil die ganze Methode fehlerhaft ist, sehr unsicher. »Als Ursache dieser Erdbeben,« sagt Dr. Skuphos, »sind weder eine vulkanische Kraft,

noch das Auftreten der warmen Quellen, sowohl auf Euböa als auch in Mittelgriechenland, noch irgend ein unterirdischer Einsturz zu betrachten, sondern tektonische Vorgänge in der festen Erdrinde, welche in diesem Falle die weitere Ausbildung des Euböischen Golfes durch die Zunahme der Euböischen Bruchzonen, und zwar derjenigen in Mittelgriechenland entlang der Küste des Euböischen Golfes, zum Hauptziele haben, was hauptsächlich und sehr auffallend durch das Erdbeben vom Charfreitage und durch die Entstehung der Lokrischen Spalte und die nachfolgenden Erscheinungen zum Ausdrucke gekommen ist.

Darum habe ich auch im Interesse der Wissenschaft unserer Regierung empfohlen, sie möge neue Tiefseemessungen durch Marineoffiziere im Euböischen Golfe von der Meerenge des Euripus bis zur Meerenge von Oreon und weiter vornehmen lassen, weil sämtliche Geologen und Chemiker, die an Ort und Stelle gewesen sind, an verschiedenen Punkten Einsenkungen des Euböischen Meeresgrundes in ihren Berichten erwähnt haben. Ferner habe ich aus privaten Mitteilungen erfahren, dass sich unterseeische Spalten am Strande von Rhoviaes gebildet haben. Ich selbst habe solche kleine Spalten auf dem Meeresgrunde am Strande von Halmyra senkrecht zu dessen Richtung beobachtet.

Natürlich brauchen diese Niveauunterschiede nicht sehr gross zu sein, denn zur Bildung einer auch nur etwas starken Erderschütterung genügt auch eine kaum messbare Niveauveränderung. Deshalb habe ich geraten, die Seeoffiziere möchten auch auf kleine Niveauveränderungen aufmerksam sein, welche, wenn auch nicht für die Seeleute, so doch wenigstens für wissenschaftliche Zwecke von Wichtigkeit sind.«

Die Zerstörungen, welche das Erdbeben anrichtete, sind sehr beträchtlich; es wurden wenigstens 69 Städte und Dörfer heimgesucht, und darin stürzten 3783 Häuser zusammen. Dr. Skuphos giebt die Zahl der Toten auf 255, die der Verwundeten auf 146 unter 50000 überhaupt dort lebenden Bewohnern an. Zu der allgemeinen Zerstörung der Häuser hat nach seinen Ausführungen ausser der Intensität des Erdbebens und der lockeren Zusammensetzung des Bodens jedenfalls die Bauart sowie das Material, aus dem man die Häuser hergestellt hat, sehr viel beigetragen. Die aus Steinen gebauten Häuser haben als Material mehr oder weniger abgerundete Steine, die entweder aus den Flüssen genommen oder in den Steinbrüchen schlecht und dazu in nicht genügender Grösse gebrochen worden sind, als Bindungsmittel meistens einfachen oder schwach mit Kalk gemischten Lehm.

In manchen Orten sind nicht nur die Häuser völlig zerstört, sondern auch der Erdboden ist so verändert, dass die Auswanderung aus diesen Orten sich von selbst versteht. Neuansiedelungen sollten nach Dr. Skuphos nicht auf den alten Verwerfungen errichtet werden, ebenso soll man nicht an der Flachküste und nicht an

neugebildeten Spalten unterhalb der überhängenden steilen Berge bauen. Dass die geologische Beschaffenheit des Bodens auffallend gegen die zerstörende Gewalt der Erdbeben wirkt, dafür giebt die Verschonung der Stadt Levadia und des Dorfes Exarchos auf dem Abhange des Chlomosberges, von Karditza auf der Strasse von Larymna nach Theben, des Dorfes Beli auf dem Abhange des Akontionberges, der Kirche des Hagios Nikolaos auf der gleichnamigen Insel und des Hauses auf der neugebildeten Insel Gaïdarion, sowie auch der Stadt Athen im Verhältnisse zum Phalerus und Peiräus den trefflichsten Beweis.

Das Erdbeben zu Konstantinopel am 10. Juli 1894 ist von D. Eginitis untersucht worden[1]). Es fanden 12^h 24^m drei kurz nacheinander auftretende Stösse statt, die von starkem Geräusche begleitet waren. Am heftigsten war die Erschütterung auf der Prinzeninsel, in Konstantinopel haben einige Steinhäuser mehr oder weniger gelitten, dagegen die hölzernen Häuser fast gar nicht. Einige Beobachtungen deuten, nach dem Verf., auf das Ausströmen von heissen Gasen. Die (wenig zuverlässige) Bestimmung der Tiefe des Herdes der Erscheinung führt auf 34 *km*.

Das Erdbeben vom 27. Oktober 1894 in Argentinien[2]). Der Direktor der nationalen Lehranstalt für Bergbau in San Juan, Ingenieur Leop. Gómez de Teran, schickte die beiden als Professoren an diesem Institute wirkenden Ingenieure Angel Canton und Leop. Caputo behufs Studiums der Spuren des Erdbebens vom 27. Oktober in die Departements Albardon und beide Angaco-Bezirke. Über die Resultate ihrer in Begleitung von drei Studierenden der Anstalt vom 30. Oktober bis 10. November vorgenommenen Untersuchungen haben die beiden Herren einen Bericht erstattet, aus welchem folgendes ein Auszug ist.

»Unsere Forschungen begannen im Bezirke Albardon, nachdem wir das Städtchen durchquert hatten und bei der Mühle von Juan Videla angekommen waren, wo sich ein Erdriss zu zeigen anfing, welcher eine Breite von ungefähr 20 *cm* und eine Richtung von Nord 10° Ost hatte. Dem Risse folgend, bemerkten wir, dass er gegenüber der Besitzung von Manuel Velázquez sich verbreiterte und hierauf in zwei Arme spaltete. Etwas weiter beginnen die beiden Arme parallel zu laufen. Aus diesen Spalten brachen auf den Besitzungen von Lisandro Oro und Tristan Lopez Wassermassen hervor, welche rötlichen Sand führten und denselben in Form kleiner kraterähnlicher Kegel absetzten. Ebensolche Ausbrüche haben auch weiter gegen Nordosten, in den Besitzungen von Antonio Carrizo und Frau Juana Lopez Spuren zurückgelassen, und auf einer Länge von 10 *m* findet sich eine Vertiefung von 25 *cm*. In dem Hause von F. Sanchez ist der Riss 40 *cm* breit, und das Terrain weist eine Einsenkung von 32 *cm* auf. Etwa 150 *m* von diesem Punkte

[1]) Annales de Géographie Paris 1895. 4. p. 15.
[2]) Gaea 1895. p. 312.

werden die Risse von einem anderen sehr grossen senkrecht geschnitten, welcher sich gegen Osten fortsetzt.

Wir folgten dieser Richtung und gelangten zur Mühle »del Carrizal«, welche von dem Erdbeben gänzlich zerstört ist; dort hat der Erdriss eine Breite von 50 *cm*. Auf eine Entfernung von 300 *m* östlich von der Mühle wird die Spalte durch eine andere geschnitten, welche die Richtung von Nord 10° Ost hat. Wir folgten ihr, um ihre Länge zu ermitteln, und auch weil sie uns zu den Termalwassern von La Laja führte, wegen des Interesses, welches dieser Umstand uns einflösste; wir hatten nämlich über diesen Punkt schon im vorigen Jahre Studien gemacht. Die Spalte, welche ihre angegebene Richtung beibehält, hat auf der Strecke den Einsturz mehrerer Häuser bewirkt, so desjenigen von Chirino, wo die Wände sich um 60 *cm* senkten, und der Fussboden sich stellenweise hob, nach allen Richtungen durchschrickte Wölbungen bildend. Unweit der las Lomitas genannten Hügelkette scheint der Erdriss aufzuhören, aber indem wir aufmerksam suchten, fanden wir ihn aufs neue am Fusse derselben.

Diese Erscheinung ist von grosser Wichtigkeit. Die Lomitas bestehen aus von dem Berge von Villicum durch die Gewässer angeschlepptem Steinschutte. Es ist eine Art groben Gerölles, kalkhaltig, aber mit nur sehr wenig Erde, welches eine Reihe von Hügeln bildet; dieselben sind dem Berge von Villicum vorgelagert und ruhen auf dem rötlichen Sande der Tertiärformation, welche die Unterlage jener ganzen Gegend darstellt. Dieses auf Sand lagernde Geröll scheint eine Bodenart zu bilden, welche den wellenförmigen Bewegungen des Erdbebens widersteht, wie daraus hervorgeht, dass keine Risse in derselben zu entdecken sind, und dass die darauf errichteten Gebäude keinen Schaden litten.

Die Spalte verfolgt ihre ursprüngliche Richtung weiter; doch wir trennten uns von ihr, wo der Weg eine Biegung macht und nach den Bädern von La Laja führt, da wir es für unangebracht hielten, unsere Studien nach dieser Seite auszudehnen. In diesen Thermalbädern untersuchten wir die physikalische und chemische Beschaffenheit des Wassers und nahmen auch eine Messung der Wassermenge vor, welche aus den Quellen hervorsprudelt. Nach den Ablagerungen, welche wir vorfanden, zu schliessen, scheinen die Thermalwässer im Momente der Erschütterung sehr trübe und dick hervorgequollen zu sein und eine erdige Masse mit sich geführt zu haben, welche sich als feines, aber unlösliches Pulver, mild anzufühlen, von etwa aschgrauer Farbe, ohne bemerkbaren Geschmack darstellt, und deren chemische Analyse folgende ist: ein kleiner Teil Calciumcarbonate, Magnesium und Barium, mit Spuren von Eisen und der Rest Silikate. Die Ursprungsquelle hat sich in drei geteilt: die alte in der Mitte und zwei neue, voneinander etwa je 10 *m* entfernt. Die Wassermenge, welche gegenwärtig aus diesen Quellen hervorbricht, ist fast zehnmal so gross als im vergangenen Jahre.

Nach Beendigung unserer Untersuchungen in La Laja kehrten wir zu den Lomitas von Albardon zurück und begaben uns auf der Strasse von Desempeno nach Angaco Norte. Auf dieser Strasse sind ost-westlich streichende Erdrisse zu beobachten, welche eine Abweichung von 88° 54′ haben, und etwa 300 *m* gegen Osten, hinter zwei kleinen Hügeln, giebt es eine Reihe von Spalten, wovon eine 1 *m* breit ist. In Angaco Norte fanden wir, dass sämtliche Risse die ost-westliche Richtung, die angegebene Abweichung und verschiedene Breiten, bis zu 2 *m*, haben.

In Ingaco Sur besuchten wir die Besitzung von Pastore, welche zwei Erdrisse aufweist, deren bedeutenderer von Nord 10° Ost nach Südwest läuft und die Spuren verschiedener Wasserausbrüche zeigt, ähnlich den oben geschilderten, aber um vieles ausgeprägter. Auf dieser Besitzung hat sich das Terrain teilweise in ziemlicher Ausdehnung gesenkt, und man kann behaupten, dass die Erdbebenerscheinungen hier mit grosser Gewalt auftraten.

Unsere Beobachtungen und die Angaben der Blätter über das Naturereignis, wie es an den anderen Punkten zur Erscheinung kam, führen uns zu verschiedenen Schlussfolgerungen: In erster Linie war es uns möglich, die Dimensionen und die Lage des Epizentrums zu konstatieren; dasselbe ist eine Ellipse, deren Axen 727, resp. 337 *km* lang sind. Der Mittelpunkt dieser Ellipse liegt 25 *km* nordöstlich von Catuna (Santa Rita) in La Rioja, und ihre Brennpunkte, der eine unweit Pitambola (Provinz Santiago del Estero) und der andere nahe bei Santa Rosa (Provinz Mendoza); der Abstand zwischen beiden beträgt 647 *km*. Der Flächeninhalt dieser Ellipse beträgt 771 . 271 *km*.

Die Wellenbewegungen setzten sich nach allen Richtungen fort, aber mit verschiedener Intensität. Wenn Mendoza, San Luis, Cordoba und Catamarca verschont geblieben sind, so verdanken sie dies den grösseren und kleineren Bergen, welche ihnen als Wälle oder sozusagen als Wellenbrecher dienten, indem sie durch ihre von dem Boden der Ebene verschiedene Zusammensetzung die Gewalt der wellenförmigen Erschütterung aufhoben. Aus den angestellten Berechnungen geht hervor, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erdbebenwelle 1394 *m* per Sekunde betrug, was uns nicht befremden darf, wenn wir die Bodenbeschaffenheit auf der Strecke vom Erschütterungszentrum bis zur Hauptstadt in Betracht ziehen. — Eine andere wichtige Frage ist die Bestimmung der Tiefe dieses Zentrums. Um dieselbe zu lösen, haben wir das System von Mallet befolgt, welches auf der Beobachtung der Richtung und Neigung der vom Erdbeben hervorgebrachten Spalten beruht. Diese Methode, welche die Gleichartigkeit des von den Spalten zerrissenen Bodens zur Voraussetzung hat, ist in dem gegebenen Falle zur Anwendung durchaus geeignet. Derselben folgend, haben wir eine Tiefe von annähernd 2345 *m* ermittelt.«

Erderschütterungen in der Alta Verapaz (Guatemala). C. Sapper[1]) giebt ein Verzeichnis der dort seit März 1890 bis 25. September 1894 bemerkten Erschütterungen. In demselben ist neben der oft schwarmähnlichen Häufung der Erschütterungen namentlich die ganz lokale Beschränkung des Phänomens auffallend. Nur wenige (und zwar stärkere) Erdbeben sind an einer grossen Anzahl von Orten zugleich verspürt worden, noch seltener wurden solche Erschütterungen auch ausserhalb der Alta Verapaz bemerkt. Sapper glaubt, dass die Erschütterungen in dem von Höhlen und Klüften durchsetzten Kalk- und Dolomitgebirge der Alta Verapaz zum grössten Teile zur Klasse der Einsturzbeben gehören. Schon die Unzahl von Erdfällen und Dolinen, welche in der Alta Verapaz vorkommen, sind bei ihrer Bildung gewiss zugleich mit lokalen Erderschütterungen verbunden gewesen, und obgleich Verf. selbst nie die Neuentstehung solcher Gebilde beobachtet hat, die Mehrzahl der Höhleneinstürze auch nicht gerade Veränderungen an der Erdoberfläche zur Folge haben dürfte, so ist doch aus einem allerdings weit abliegenden, aber seinen physikalischen Verhältnissen nach ganz analogen Gebiete des mexikanischen Staates Tabasco ein Fall bekannt, dass ein ansehnlicher Erdtrichter sich bildete unter Erdbeben und heftigem Getöse (bei Piedras Negras, Mai 1892). Wenn Verf. aber früher glaubte, dass die Regenperioden von Einfluss auf die Häufigkeit der Erdbeben seien, so war er im Irrtume, denn das einzige deutliche Minimum der Erdbebenhäufigkeit befindet sich in den Monaten Juli und August, also in Monaten mit beträchtlichem Regenfalle, während im trockensten Monate des Jahres, im April, ein — allerdings untergeordnetes — Maximum der Erdbebenhäufigkeit eintritt.

Verf. giebt folgende Zusammenstellung der 1889—1894 in der Alta Verapaz beobachteten Erdbeben, geordnet nach Monaten und der mittleren Niederschlagshöhe in Chimax (1891—1894).

	Summe der Erdbeben in 6 Jahren	Niederschlagshöhe, mittlere mm
Januar	7	120
Februar	19	112.6
März	6	96
April	10	42.2
Mai	4	192.8
Juni	8	302 2
Juli	1	307.6
August	2	201.3
September	7	256.3
Oktober	6	278.1
November	7	227.2
Dezember	6	181.0
	83	2317.3

[1]) Zeitschrift d. deutsch. geolog. Gesellschaft 1894. p. 832.

Ein Parallelismus zwischen Erdbebenhäufigkeit und Regenmengen ist hieraus nicht ersichtlich, doch meint Verf., dass bisweilen besonders heftige Regenfälle im stande sind, Erdbeben auszulösen.

Seismische Bodenverschiebung. Am 17. Mai 1892, ungefähr um 8 Uhr abends, fand in der nördlichen Hälfte von Sumatra ein Erdbeben statt, welches sogar in einem Teile der Halbinsel Malakka wahrgenommen wurde, aber am meisten die Gegenden berührte, welche zwischen dem Dolok Lubuk Raja und dem Gunung Talamau (Ophir) gelegen sind. Es war mit einer stark wellenförmigen Bewegung des Bodens gepaart, wodurch die steinernen Gebäude des Hauptortes Padang Si Dimpuan so sehr beschädigt wurden, dass sie grösstenteils abgebrochen werden mussten, während an verschiedenen Orten hölzerne Gebäude von ihren Fundamenten heruntergeworfen wurden.

Da man in jener Gegend gerade mit der sekundären Dreiecksmessung beschäftigt war, so konnte man mit ziemlich grosser Genauigkeit die Verschiebung bestimmen, welche einzelne Punkte des Gebirges erfahren hatten.

Infolge des Erdbebens hatten im Gebirge an zahlreichen Orten sehr bedeutende Abbrüche stattgefunden, und in hohem Grade war dies unter anderm der Fall nahe dem Gipfel und am Gehänge des Sorik Marapi. Man musste deshalb fürchten, dass der auf dem höchsten Punkte der Kraterwand errichtete Triangulationspfeiler verschwunden sein würde. Es zeigte sich indessen, dass dies nicht der Fall war; obwohl ein Abbruch an der Innenseite des Kraters bis nahe an den Fuss des Pfeilers reichte, und sich dort eine tiefe Spalte zeigte, stand der Pfeiler selbst doch noch genau aufrecht. Als aber dort die Winkelmessungen vorgenommen wurden, stellte sich heraus, dass die Resultate derselben nicht mit den Messungen an den anderen Punkten stimmten, weswegen man vermutete, dass der Pfeiler infolge des Erdbebens verschoben sei. So ward es erforderlich, die Messungen für die Festlegung der drei obengenannten Punkte zu wiederholen, und dabei stellte sich heraus, dass auch die Punkte Tor Si Hite und Gunung Malintang verschoben waren.

Da die Messungen vor dem Erdbeben schon für die Festlegung der drei sekundären Punkte ausreichten, so war man im stande, die relative Lage der Punkte vor und nach dem Erdbeben zu untersuchen, und daraus ergaben sich für den Betrag der Verschiebung (V) und das Azimut (A) der Richtung, in der die Verschiebung stattgefunden, gezählt in der Richtung von Nord nach Ost:

Sorik Marapi	V = 1.23 *m*	A = 344° 57′
Tor Si Hite	V = 0.64 »	A = 149° 2′
Gunung Malintang . .	V = 0.24 »	A = 304° 28′

In der Hölenlage der Punkte konnte man eine Veränderung mit Sicherheit nicht nachweisen. Dagegen stellte sich heraus, dass noch zwei andere Punkte, nämlich Tor Si Manondong und Dolok

Balameja, eine Verschiebung erfahren hatten; aber ihre Grösse und Richtung konnte nicht berechnet werden, weil man vor dem Erdbeben erst von einer einzigen Station aus auf diese Punkte visiert hatte.

Der Abstand der äussersten Punkte, deren Verschiebung konstatiert ist, des Gunung Malintang und Dolok Balameja, beträgt ungefähr 53 *km*, aber zweifellos haben derartige Verschiebungen in einem noch grösseren Gebiete stattgefunden. Dies würde man durch erneute Messungen für die südlicher gelegenen Punkte untersuchen können, doch lag eine derartige Untersuchung nicht in dem Bereiche der Aufgaben der Triangulationsbrigade.[1])

Die Erdbeben in ihrer Beziehung zur Verteilung des Luftdruckes. T. Ch. Thomassen kommt auf Grund seiner mehrjährigen Untersuchungen und Studien der norwegischen Erdbeben zu dem Resultate, dass die Verteilung des Luftdruckes und die Erdbeben unzweifelhaft miteinander in Beziehung stehen. Von entscheidender Bedeutung dabei ist nicht der lokale Luftdruck zur Zeit das Auftretens einer Erschütterung, sondern vielmehr die Grösse des Gradienten am Orte selber oder in der Nähe des Erdbebenstriches. Das Auslösen eines Spannungszustandes der Erdkruste kann auch durch die Luftdruckverhältnisse in grösserer Entfernung von dem Erdbebenorte selbst hervorgerufen werden. Aus dem Studium der Luftdruckverhältnisse der norwegischen Erdbeben 1887—1893 geht hervor, dass die Erdbeben weder an hohen, noch an niedrigen Barometerstand gebunden sind, und dass das Barometer in den meisten Fällen konstant oder steigend, sehr selten dagegen fallend gewesen ist. In 53 Fällen von 86 hat die Verbindungslinie Maximum zum Minimum die Richtung SW—NO gehabt; dies schien in einem bestimmten Verhältnisse zur Hauptrichtung der Erdbeben gestanden zu sein. Diese Erdbeben scheinen Dislokationserdbeben zu sein. Sobald der Unterschied des Luftdruckes auf beiden Seiten einer Bruchlinie einen bedeutenden Grad erreicht, kann das ein Auslösen des Spannungsverhältnisses verursachen, und es tritt ein Erdbeben ein. Es wird dies, bemerkt Prof. Hann, nicht mehr so unwahrscheinlich klingen, wenn man bedenkt, dass ein Steigen des Barometers um 1 *mm* einer Druckzunahme von ca. 13.6 Millionen Kilogramm pro Quadratkilometer entspricht. Die untersuchten Erdbeben waren auch weit mehr an das Maximum, als an das Minimum des Barometerstandes geknüpft[2]).

Die bisherigen Ergebnisse der Beobachtungen am Horizontalpendel. Dr. v. Rebeur-Paschwitz veröffentlichte eine eingehende Untersuchung der auf seine Veranlassung auf der Kaiserl. Universitätssternwarte zu Strassburg 1892 bis 1894 angestellten Beobachtungen am Horizontalpendel.[3]) Das Instrument fand seine

[1]) Petermann's Mittl. 1895. p. 97.
[2]) Meteorol. Zeitschrift 1895. p. 240.
[3]) Gerland, Beiträge zur Geophysik, 2. p. 211 ff.

Aufstellung im Fundamentraume des Observatoriums auf einer Konsole, an der Ostseite des Pfeilers, der das Passageinstrument trägt. Der Raum ist grösseren Temperaturschwankungen ausgesetzt als ein gewöhnlicher Kellerraum, und das Pendel war in der Richtung Ost-West aufgestellt. Bezüglich aller Einzelheiten der Aufstellung, Justierung und Untersuchung des Instrumentes muss auf das Original verwiesen werden, hier kann es sich nur um die Ergebnisse der Beobachtungen handeln, und zwar hauptsächlich in bezug auf mikroseismische und seismische Erscheinungen. Die photographische Registrierung giebt im Gegensatze zu den isolierten Beobachtungen zugleich eine fortlaufende Kontrolle über den jeweiligen Grad der Ruhe des Erdbodens und gestattet dadurch, eine Reihe von Erscheinungen regelmässig zu verfolgen, die bei direkten Beobachtungen nur durch einen glücklichen Zufall zur Kenntnis des Beobachters gelangen. Die Strassburger Photogramme lassen auf den ersten Blick drei verschiedenartige Phänomene unterscheiden.

»Eine regelmässige Erscheinung in den Kurven bildet die mikroseismische Bewegung. Dieselbe entsteht vermutlich durch kleine Schwingungen des Pendels, die durch horizontal gerichtete Oszillationen des Bodens erzeugt werden, ohne dass dabei eine Veränderung der Gleichgewichtslage eintritt. Man muss dies daraus schliessen, dass wie bei den Erdbebenstörungen symmetrische Figuren entstehen. Wenn Erdwellen im Spiele wären, so müsste diese Symmetrie zuweilen gestört sein, oder die Amplitude der Wellen müsste so klein sein, dass sie gegenüber den Ausschlägen des schwingenden Pendels nicht in Betracht käme. Die mikroseismische Bewegung ist in Strassburg im Winter häufiger als im Sommer, erreicht aber niemals die Grösse, wie auf den früheren Stationen Wilhelmshaven und Potsdam.

Eine zweite, sehr eigenartige und bisher in dieser Weise wohl noch nirgends wahrgenommene Erscheinung bilden die Erdpulsationen, welche wir nach dem Aussehen der Kurven und auch aus anderen Gründen als etwas von der mikroseismischen Bewegung durchaus Verschiedenes anzusehen berechtigt sind. Sie haben mit ihr nur das gemeinsam, dass das Maximum ihrer Entwickelung etwa in dieselbe Jahreszeit fällt.

Als dritte auffällige, aber schon von den früheren Beobachtungen her bekannte Erscheinung sind die zahlreichen Störungen anzuführen, welche wohl alle von entfernteren Erdbeben herrühren. Diese Störungen sind in Strassburg, ebenso wie die mikroseismische Bewegung, durchschnittlich viel kleiner, als an den früheren Beobachtungsstationen, aber der meist ruhigere und gleichmässigere Verlauf der Strassburger Kurven und ihre grössere Feinheit erlauben auch kleinere Anschwellungen zu berücksichtigen, die z. B. in Wilhelmshaven unter der Fülle zahlreicher kleiner Unregelmässigkeiten, mit denen die dortigen Kurven besetzt sind, jedenfalls der Beachtung entgangen wären. Diesem Umstande ist es zum Teile, wenn auch

nicht ausschliesslich, zuzuschreiben, dass die Zahl der deutlichen Störungen in Strassburg viel grösser ist als früher. Aber selbst die kleinsten unter diesen Spuren sind meist noch breiter, als die meisten der durch die neuerdings in Italien in Aufnahme gekommenen Seismometrographen verzeichneten Erdbebenfiguren.

a. Die mikroseismische Bewegung. Wenngleich in Strassburg der ruhige Zustand des Pendels vorherrscht, so kommen doch auch Tage mit ziemlich kräftiger mikroseismischer Bewegung vor, und dass letztere an gewisse Regeln gebunden ist, geht schon daraus hervor, dass sie am Tage meist stärker ist als in der Nacht. In manchen Monaten zeigt sich ein paralleler Gang mit der Windstärke, so dass man diese als die alleinige Ursache der mikroseismischen Bewegung ansehen möchte, doch kommen auch Ausnahmen vor. Wenn man die Gesamtheit der Beobachtungen in Betracht zieht, so zeigt sich deutlich, dass die Zahlen für die Intensität der mikroseismischen Bewegung derjenigen für die Windstärke gar nicht entsprechen, sondern je nach der Jahreszeit sehr verschieden ausfallen. Alles dies beweist, nach v. Rebeur-Paschwitz, dass die Windstärke nicht allein oder nicht unmittelbar massgebend für den Grad der mikroseismischen Unruhe ist. Verf. zieht folgende Schlüsse aus seinen Zusammenstellungen:

»1. Die mikroseismische Bewegung hat eine sehr ausgesprochene tägliche Periode, deren Minimum im Jahresdurchschnitte in den Morgenstunden zwischen 4 und 5^h, und deren Maximum in den Nachmittagsstunden von 2 bis 3^h liegt. Diese tägliche Periode tritt besonders deutlich auf in der Zeit, welche die Monate März bis November umfasst. Dagegen ist sie von geringerer Bedeutung während der übrigen drei Monate, Dezember bis Februar, obwohl dies die Monate sind, in denen die mikroseismische Bewegung überhaupt am stärksten entwickelt ist. Die Zeiten des Maximums und Minimums sind etwas veränderlich. In einigen Monaten, Juli, September, November, fällt das Maximum noch in die Vormittagsstunden, doch sind dies gerade die Monate, in denen die Erscheinung überhaupt eine geringe Rolle spielt. Der Monat Oktober zeigt die Periodizität zwar ebenfalls deutlich, doch ist sie hier schon nicht mehr so ausgesprochen, wie in den übrigen Monaten. Der Dezember ist besonders dadurch bemerkenswert, dass die Periodizität in ihm ganz verschwindet.

2. Während an dem Einflusse des Windes auf die mikroseismische Bewegung nicht zu zweifeln ist, so verschwindet doch diese Abhängigkeit der beiden Elemente voneinander gänzlich, sobald man sich auf die Betrachtung der Monatsmittel für die tägliche Periode beschränkt. Die Beobachtungen lassen überhaupt im Jahresdurchschnitte keine nennenswerte Periodizität der Windstärke erkennen, und in den einzelnen Monaten ist sie von sehr wechselndem Charakter und entspricht nicht den Zahlen für die mikroseismische Bewegung. Wir sind daher berechtigt, zu schliessen,

dass die periodisch in den mittleren Tagesstunden auftretende Bewegung nur in ihrer mittleren Intensität, nicht aber in ihrer Periodizität vom Winde abhängt. Letztere muss durch andere Umstände bedingt sein.

3. Ein ähnliches Resultat erhalten wir, wenn wir die reduzierten (auf denselben Empfindlichkeitsgrad des Pendels bezogenen) Monatsmittel mit denen der Windstärke vergleichen. Erstere zeigen eine sehr deutlich ausgesprochene jährliche Periode mit dem Maximum im Januar. Dieser nebst den beiden einschliessenden Monaten ist durch stärkere Bewegung ausgezeichnet, während in den Monaten Juli, August, September und November die Bewegung fast ganz verschwindet und in der übrigen Zeit nur geringfügig ist. Bei der Windstärke findet sich nun zwar auch ein besonders grosser Wert im Februar, eine eigentliche Periodizität ist aber nicht vorhanden.

4. Das Maximum der mikroseismischen Bewegung fällt in die Hauptwintermonate und koinzidiert somit einigermassen mit den Maximis der Erdpulsationen und der Erdbeben in der nördlichen Hemisphäre. Ein innerer Zusammenhang mit den Erdpulsationen ist aber wenig wahrscheinlich, da diese schon im Januar von geringer Bedeutung sind und im Februar ganz fehlen, während diese beiden Monate noch durch starke mikroseismische Bewegung ausgezeichnet sind. Dagegen weist das letzte Drittel des November bei sehr geringer mikroseismischer Bewegung stark entwickelte Pulsationen auf. Es ist somit auch hierdurch die auf den äusseren Anschein gegründete Trennung der beiden Erscheinungen, welche Prof. Milne als identisch ansieht, vollkommen gerechtfertigt.

5. Der in den Monatskurven hervortretende Parallelismus zwischen mikroseismischer Bewegung und Windstärke erlitt, abgesehen von geringen Abweichungen, nur einmal im Laufe der Beobachtungsperiode etwa vom 25. Dezember 1892 bis 20. Januar 1893 eine sehr auffällige Unterbrechung. Hier verschwindet jede Beziehung zwischen den beiden Erscheinungen, obwohl sich in dieser Periode gerade die Tage mit stärkster mikroseismischer Bewegung vorfinden. Der betreffende Zeitraum fällt genau zusammen mit der sehr starken Frostperiode dieses Winters. Wir werden wohl nicht fehl gehen in der Annahme, dass dieses Zusammentreffen kein zufälliges ist, sondern dass das Frieren des Bodens die Bedingungen für die Fortpflanzung jener Bewegung verändert. Wenn diese Ansicht richtig ist, so würde folgen, dass die mikroseismische Bewegung zum Teile ein ganz oberflächliches Phänomen ist.

Zusammengefasst ergeben die voraufgehenden Erörterungen das auffällige Resultat, dass während im einzelnen eine deutliche Beziehung zwischen Wind und mikroseismischer Bewegung zu konstatieren ist, welche sich in gewissen Monaten in einem fast vollkommenen Parallelismus der beiderseitigen Kurven äussert, die letztere, wenn man die Monats- und Jahresdurchschnitte allein

betrachtet, als eine ganz unabhängige Erscheinung sich darstellt. Eine Erklärung hierfür kann ich nur in der Annahme finden, dass die mikroseismische Bewegung verschiedenen Ursachen ihre Entstehung verdankt, unter denen der Wind zwar am stärksten wirkt, aber zugleich auch am meisten den Charakter einer zufälligen Erscheinung trägt. Während daher bei der Vergleichung im einzelnen der Einfluss des Windes weit überwiegt, fällt er bei der Zusammenfassung der Beobachtungen längerer Zeiträume heraus, und es bleiben diejenigen Elemente der Erscheinung übrig, welche auf andere noch unbekannte Ursachen zurückzuführen sind.

Was zunächst das ungleiche Auftreten der mikroseismischen Bewegung in den verschiedenen Tagesstunden betrifft, so liefern die früheren Beobachtungen ganz dasselbe Resultat, wenngleich ihre Zahl zu gering war, um, wie es hier möglich ist, die Gesetzmässigkeit dieses Wechsels nachzuweisen. In Potsdam und Wilhelmshaven waren ebenfalls die Tagesstunden, besonders der Nachmittag, an welchem die östliche Elongation des Pendels stattfand, durch stärkere Bewegung gekennzeichnet, in Puerto Orotava dagegen die Zeit zwischen 5^h nachmittags und 12^h nachts.

Man könnte denken, dass das Anwachsen der mikroseismischen Bewegung am Tage auf den Strassenverkehr in einer grossen Stadt zurückzuführen sei. Ich halte dies aber nach allen Erfahrungen, die ich mit dem Horizontalpendel gemacht, für eine ganz unzureichende Erklärung. Bei den direkten Beobachtungen, die ich 1887 auf der Technischen Hochschule in Karlsruhe oft stundenlang fortsetzte, hat mich nichts so überrascht, als die Unempfindlichkeit des Pendels gegen die oft starken, deutlich fühlbaren Erschütterungen in der Nachbarschaft. Bei der Lage der Strassburger Sternwarte und der viel tieferen Fundierung des Pfeilers wird man also viel weniger an einen solchen Einfluss denken dürfen, der übrigens wohl ein Vorherrschen der Bewegung am Tage, aber nicht das sehr ausgesprochene Nachmittagsmaximum erklären würde.

Die jährliche Periode der mikroseismischen Bewegung beweist, dass die Wintermonate besonders günstige Bedingungen für ihre Entwickelung darbieten, und es scheint in dieser Zeit noch ein anderes Element hinzuzukommen, gegen welches die tägliche Bewegung zurücktritt. Das Verhalten des Pendels während der Frostperiode lässt sich wie folgt erklären. In weichem Boden sind bekanntlich die Erschütterungen immer heftiger als im Felsboden. Wenn nun durch den Frost der Boden härter wird, so nehmen, weil es sich dabei anscheinend um eine rein oberflächliche Erscheinung handelt, die vom Winde erzeugten Vibrationen ab. In der That verschwindet in den Kurven der Einfluss des Windes. Die in dieser Zeit trotzdem vorhandene kräftige Bewegung dürfen wir als ein Phänomen ansehen, dessen Wirkung sich tiefer und weiter erstreckt. Derartige Bewegungen wird man daher auch wahrscheinlich in den Aufzeichnungen einer entfernteren Station

wiederfinden, während es sonst nur einer genauen Prüfung der mitgeteilten Tabellen bedarf, um den im allgemeinen lokalen Charakter der mikroseismischen Bewegung zu erkennen. Für die Erkenntnis der Ursachen derselben würden sowohl Bergwerksbeobachtungen, als auch Beobachtungen an einem Punkte der südlichen Halbkugel von Wichtigkeit sein.«

Prof. Milne in Tokio war früher zu dem Ergebnisse gelangt, dass die in Rede stehenden Bewegungen mehr an das Auftreten steiler barometrischer Gradienten als an das Wehen starker Winde gebunden seien.

b. Erdpulsationen. Hierunter versteht Verf., nach dem Vorgange von Prof. Milne, sehr regelmässige, flache Wellen, welche die Erdoberfläche in ähnlicher Weise kräuseln, wie die Dünung die Oberfläche des Meeres. Die Periode dieser Wellen scheint sehr veränderlich zu sein, bei der auffälligsten (in Strassburg) betrug sie 2 bis 3 Minuten. Merkwürdig ist, dass sie meistens in langen, zusammenhängenden Reihen erscheinen; sie sind dann von so grosser Regelmässigkeit, dass die photographierte Kurve derselben an den Rändern wie die Zähne einer Säge aussieht. Die Erdpulsationen treten, wenn sie auch an eine gewisse Jahreszeit gebunden zu sein scheinen, welche genau mit der grössten Häufigkeit der Erdbeben in der Nordhemisphäre zusammenfällt, zu allen Tageszeiten gleichmässig auf, ja sie sind sogar im Gegensatze zur mikroseismischen Bewegung nachts eher etwas häufiger als am Tage.

Eine Eigentümlichkeit der Pulsationen, welche für eine spätere Erklärung ihres Ursprungs vielleicht nicht ohne Bedeutung ist, ist die anscheinende Willkürlichkeit ihres Auftretens und ihr ebenso willkürliches Verschwinden. Oft wechseln vollkommen ruhige Kurvenstellen mit ausgeprägten Pulsationen ganz unvermittelt ab. Lange Reihen der letzteren sind zuweilen durch kurze gerade Strecken unterbrochen, und umgekehrt findet man inmitten ruhiger Tage hier und da eine geringe Zahl von Pulsationen.

Das Resultat einer eingehenden Prüfung sowohl der speziellen meteorologischen Daten für Strassburg, als auch der allgemeinen Witterungslage lässt sich dahin zusammenfassen, dass ein klarer, deutlicher Zusammenhang zwischen den Erdpulsationen und meteorologischen Zuständen sich nicht nachweisen lässt, wenn auch gewisse Phasen der Erscheinung vielleicht durch Änderungen des meteorologischen Gesamtzustandes gedeutet werden können.

»Es zeigt sich, dass der barometrische Gradient an sich keinen Einfluss hat, dagegen lassen die näheren Umstände an den durch besonders regelmässige und lang andauernde Pulsationen ausgezeichneten Tagen allerdings die Annahme zu, dass ausser plötzlichen starken Änderungen des Luftdrucks die Wanderungen der Maxima und Minima infolge der durch sie verursachten Änderungen der Spannung in der Erdoberfläche besonders günstige Bedingungen für das Auftreten der Erscheinung sind. Eine Erklärung derselben

ist damit freilich keineswegs geliefert, denn es bleibt völlig rätselhaft, warum sie auf einen so kleinen Teil des Jahres beschränkt ist, während doch die ersten Monate des Jahres sehr ähnliche meteorologische Verhältnisse aufweisen. Noch weniger ist ihr intermittierender Charakter zu erklären, der in der graphischen Darstellung, obwohl dort nur die Hauptzüge des Phänomens wiedergegeben werden konnten, deutlich zu erkennen ist.

Wenn die oszillierende Bewegung der Erdoberfläche, als deren Folge die Pulsationen betrachtet werden müssen, sich mit derselben Geschwindigkeit fortpflanzt wie die Erdbebenwellen, so dürfte die Länge einer einzelnen Welle wohl 600 *km* betragen, es würden also schon 80 derselben den ganzen Erdumfang einnehmen. Dagegen ist ihre Höhe sehr gering, und die ganze Differenz zwischen Wellenberg und Wellenthal beträgt nur 16 *mm*, wenn man die ganze Amplitude einer Welle zu 0.05″ annimmt. Im Vergleiche zu den bei Erdbeben vorkommenden vertikalen Bewegungen ist diese Höhe ziemlich beträchtlich. Wir müssen aber nach den Beobachtungen Milne's und mit Rücksicht auf die in Strassburg konstatierten grösseren Wellen annehmen, dass noch viel bedeutendere Hebungen und Senkungen der Erdoberfläche vorkommen. Wenn solche sich auf den Meeresboden erstreckten, so könnten sie, wenn sie eine kurze Periode hätten, wohl auch Bewegungen der darüber liegenden Wassermassen zur Folge haben. Es fragt sich aber, ob solche ausgedehnte Wellenreihen, wie wir sie in mehreren Fällen beobachteten, wirklich über grösseren Länderstrecken gleichzeitig zur Ausbildung kommen, oder ob letztere nicht vielleicht auf ein engeres, durch besondere lokale Verhältnisse begünstigtes Gebiet beschränkt ist.

In der letzten Zeit ist es C. Davison in Birmingham mehrfach gelungen, durch entferntere Erdbeben hervorgerufene Wellenbewegungen des Erdbodens mittels des Darwin'schen Bifilarpendels längere Zeit hindurch direkt zu beobachten und dadurch die gelegentlichen Wahrnehmungen früherer astronomischer Beobachter zu bestätigen. Die Periode der Wellen bewegte sich zwischen 12 und 20″, und die grösste wahrgenommene Amplitude wurde auf $^1/_4$″ geschätzt. Es handelte sich also um sehr ähnliche Wellen, wie die in Strassburg beobachteten. Wir finden ferner in den Erdbebenbeobachtungen der italienischen Seismologen häufig Angaben über die Dauer derselben Wellen nach den Aufzeichnungen der langen Pendelseismometrographen, welche mit den erstgenannten gut harmonieren und zugleich die Veränderlichkeit der Oszillationsdauer erkennen lassen. Wir wissen jetzt, dass solche Wellen auch ohne die Veranlassung eines Erdbebens auftreten. Ein interessantes Beispiel bildet eine grosse Störung am 19. Dezember 1892, die durch ein Erdbeben in Beludschistán hervorgerufen ist und inmitten einer ausgezeichneten Reihe sehr regelmässiger Pulsationen liegt. Die Periode dieser letzteren ist nachher fast dieselbe, wie vorher, ja an den Rändern der Störungsfigur sind sogar an einer Stelle, wo die

Schwingungen des Pendels genügend klein geworden sind, noch deutliche Spuren von Pulsationen zu erkennen.«

c. Erdbebenstörungen. Der Zusammenhang zwischen den Störungen des Horizontalpendels, deren Dauer meist einige Stunden nicht überschreitet, und gleichzeitigen Erdbeben ist in so vielen Fällen nachgewiesen, dass man wohl berechtigt ist, für jede beobachtete Störung ein Erdbeben als Ursache anzunehmen.

Dr. v. Rebeur-Paschwitz giebt ein Verzeichnis solcher Störungen, wie sie früher in Potsdam, Wilhelmshaven und auf Teneriffa, dann in Strassburg und von Prof. Kortazzi in Nicolajew beobachtet worden sind. Es findet sich dabei als auffallende Erscheinung eine ausserordentlich lange Dauer vieler Störungen, welche oft einschliesslich der kleinen gegen das Ende hin bemerkbaren Phasen vier bis fünf Stunden erreicht. »Dabei kommt die charakteristische Figur, welche das Pendel erzeugt, wenn es aus einem grösseren Ausschlage in den Ruhezustand zurückkehrt, eigentlich niemals zu Stande. Nach früheren Versuchen sinkt bei den in Betracht kommenden Schwingungszeiten die Amplitude schon in etwa 15 Minuten auf einen Umfang von wenigen Millimetern herab, während bei den Störungen die stärkste Phase nicht selten einen Umfang von einer Stunde erreicht. Das beweist, dass die Bewegung, unter deren Einflusse das Pendel schwingt, nahezu ebenso lange gedauert hat. Die wiederholte Zu- und Abnahme der Bewegung nach dem Ende der Hauptphase, welche besonders charakteristisch bei dem Erdbeben von Wjernoje am 11. Juli 1889 zu erkennen ist, ruft unwillkürlich den Gedanken hervor, dass die Erdbebenwellen bei ihrer Ausbreitung im Erdkörper auch auf anderm als dem direkten Wege an einen Punkt der Erdoberfläche gelangen können. Jedenfalls beweist die lange Dauer der Störungen, dass die Erdbewegung sich bei ihrer Fortpflanzung vielfach spaltet, und dass in grösserer Entfernung von dem Erdbebenherde die Bewegung sehr viel länger andauert, als in der Nähe desselben.«

Dr. v. Rebeur-Paschwitz giebt spezielle Untersuchungen über verschiedene Erdbeben mit bezug auf den Zusammenhang mit den Störungen des Horizontalpendels. Diese Untersuchungen sind von grösster wissenschaftlicher Bedeutung, doch können hier nur die vom Verf. daraus gezogenen Resultate Platz finden. Er unterscheidet bei den Störungen drei Phasen: I ist der Moment, in welchem die erste, wenn auch noch schwache Bewegung sichtbar ist, II bedeutet das letzte, dem eigentlichen Maximum vorangehende stärkste Anschwellen der Bewegung, III das eigentliche durch die grösste Amplitude gekennzeichnete Maximum.

Die einzelnen Fälle sind in der folgenden Tabelle enthalten, welche Dr. v. Rebeur-Paschwitz berechnet und zusammengestellt hat:

Epizentrum	Datum des Erdbebens	Ort der Hor.-Pend.-Beob.	Entfernung	Beob. Phase	Zeitdifferenz	Geschwindigkeit
			km		Uhr	km
Tokio, Japan	1892 Mai 11.	Strassburg	9520	I	0.10	26.4 (?)
				II	0.75	3.52
				III	0.86	3.07
» »	1892 Okt. 18.	»	9520	I	0.45	5.87
				II	0.61	4.34
				III	0.69	3.83
» »	1892 Nov. 4.	»	9520	I	0.33	8.1
				II	0.96	2.75
				III	1.00	2.64
» »	1893 März 23.	»	9520	I	0.63	4.02
				II	0.64	4.13
				III	0.73	3.62
Baccaville, Kalifornien	1892 April 19.	»	9180	I	0.65	3.93
Tokio, Japan	1889 April 17.	Wilhelmshaven	9070	I	0.37	6.8
				III	0.72	3.50
» »	»	Potsdam	8950	I	0.22	11.3
				II	0.77	3.23
				III	0.89	2.79
Kumamoto, Japan	1889 Juli 28.	Wilhelmshaven	8940	II	0.75	3.31
» »	»	Potsdam	8810	II	0.82	2.98
Provinz Pangasinan, Philippinen, Insel Luzon, I. Stoss	1892 März 16.	Nicolajew	8758	I	0.40	6.08
				II	0.81	3.00
				III	1.08	2.25
» II. Stoss	»	»	8758	I	0.45	5.41
				II	0.63	3.86
				III	0.81	3.00
Tokio, Japan	1892 Mai 11.	»	7910	I	0.23	9.55
				II	0.80	2.75
				III	0.91	2.41
» »	1892 Okt. 18.	»	7910	I	0.68	3.23
				II	0.86	2.55
				III	0.98	2.24
» »	1892 Nov. 4.	»	7910	I	0.35	6.28
				II	0.66	3.33
				III	0.81	2.71
» »	1893 März 23.	»	7910	I	0.59	3.72
Quetta, Beludschistán	1892 Dez. 20.	Strassburg	5290	I	0.26	5.65
				II	0.45	3.27
				III	0.55	2.67
» »	1893 Febr. 13.	»	5290	I	0.48	3.08
				III	0.53	2.76

Epizentrum	Datum des Erdbebens	Ort der Hor.-Pend.-Beob.	Entfernung	Beob. Phase	Zeitdifferenz	Geschwindigkeit
			km		Uhr	*km*
Wjernoje, Centralasien	1889 Juli 11.	Wilhelmshaven und Potsdam	4806	I	0.27	5.00
» »	»	Berlin, astron. Beob. a. Niv.	4800	II (?)	0.43	3.1
Quetta, Beludschistán	1892 Dez. 20.	Nicolajew	3480	I	0.25	3.86
				II	0.30	3.22
				III	0.44	2.19
Stavanger, Norwegen	1892 Mai 15.	»	2180	—	—	3.03—3.63
Patras, Griechenland	1889 Aug. 25.	Potsdam	1732	I	—	2.59
Theben, Griechenland	1893 Mai 23.	Strassburg	1650	I	—	2.4
Bukarest, Rumänien	1892 Okt. 14.	»	1450	I	—	2.35
Valona, Epirus	1893 Juni 13.	»	1350	I	—	3.0
				III	—	1.8
» »	»	Nicolajew	1270	I	—	3.1
				II	—	1.7
Stavanger, Norwegen	1892 Mai 15.	Strassburg	1170	—	—	2.44—3.25
Theben, Griechenland	1893 Mai 23.	Nicolajew	1150	I	—	2.0
Neapel, Italien	1893 Jan. 25.	Strassburg	1000	I	—	3.62
Monte Gargano, Italien	1893 Aug. 10.	»	1000	I	—	3.62

Als Ergebnis kommt Dr. v. Rebeur-Paschwitz zu folgenden Schlüssen:

»Aus diesen Zahlen geht klar hervor, dass die scheinbare Geschwindigkeit der Erdbebenwellen mit der Entfernung bedeutend wächst, mag man den Anfang oder das Maximum einer Erdbebenstörung in Betracht ziehen. Für die Phase I finden wir bei den Entfernungen zwischen 10000 und 7000 *km* Werte von 6 *km* und mehr. Bei der sehr scharfen Beobachtung des Erdbebens von Wjernoje Entfernung 4800 *km*, beträgt die Geschwindigkeit nur noch 5 *km*, bei der Entfernung 1000 *km* sinkt sie auf 3.6 *km*, bei noch kleinerer Entfernung auf 3.0 *km* herab. Für die stärkste Bewegungsphase, welche vielleicht mit unserer Phase II zusammenfällt, finden wir ähnliche Verhältnisse. Die Entfernungen über 8000 *km* geben 3.0 bis 3.5 *km*, bei 1500 *km* Entfernung ist sie nur noch etwa 2.5 *km*, bei 500 *km* sinkt sie auf 1 *km* herab. Je näher dem Epizentrum, desto schwieriger wird es, die voraneilenden Wellen von der Hauptbewegung zu trennen. Wenn man nun bedenkt, dass die hier berechneten Geschwindigkeiten nur mittlere scheinbare Oberflächengeschwindigkeiten sind, so werden die Unterschiede der wahren Geschwindigkeiten noch viel bedeutender sein. Unsere grössten Entfernungen betragen etwa einen Erdquadranten, für welche das Verhältnis der Sehne zum Bogen 1.41:1.57 oder

nahezu wie 10:11 ist, es werden daher die oben gefundenen Verhältnisse sehr nahe bestehen bleiben, wenn man statt der scheinbaren Fortpflanzung an der Oberfläche der Erde die wahre innerhalb des Erdkörpers stattfindende in Betracht zieht.

Ich betrachte es hiernach als erwiesen, dass in den grösseren Tiefen innerhalb des Erdkörpers die Fortpflanzungsgeschwindigkeit eine erheblich grössere ist, als in der Nähe der Oberfläche. Die Sehne des Quadranten nähert sich dem Erdzentrum bis auf 0.7. Mindestens bis zu Tiefen von $^{3}/_{10}$ des Erdradius muss daher die Bewegung bei unseren entferntesten Beobachtungen hinabgedrungen sein.

Auf Grund dieser Thatsache gewinnt die Theorie krummliniger Erdbebenstrahlen, welche Prof. A. Schmidt in Stuttgart im Jahre 1888 in seiner Abhandlung: »Wellenbewegung und Erdbeben. Ein Beitrag zur Dynamik der Erdbeben«, entwickelt hat, eine ganz besondere Bedeutung. In dieser bisher anscheinend nur wenig bekannten Arbeit wird dargelegt, dass eine geradlinige Ausbreitung der Erdbebenenergie, wie sie allen bisherigen Untersuchungen zu grunde lag, bei veränderlicher Fortpflanzungsgeschwindigkeit nicht denkbar ist, dass vielmehr die Strahlen, welche zu den Wellenflächen senkrecht stehen, durch Brechung gegen das Erdzentrum hin konvex werden müssen, dass die fortschreitende Bewegung mithin in der Tiefe einen längeren Weg als die Sehne beschreibt. Obwohl diese Theorie mathematisch bisher wohl noch nicht durchgearbeitet worden ist und sich mithin noch nicht beurteilen lässt, ob die beobachtete Geschwindigkeitszunahme sich mit ihr verträgt, so deuten doch sowohl die von Prof. Schmidt angestellten Untersuchungen über mehrere gut beobachtete Erdbeben, als auch die obigen Beobachtungsresultate darauf hin, dass sie auf einer richtigen Grundlage beruht, während man die frühere Annahme einer konstanten Ausbreitungsgeschwindigkeit als eine höchst unwahrscheinliche Hypothese bezeichnen muss.

Unter diesen Umständen erhalten die Erdbebenbeobachtungen ein erhöhtes Interesse, denn sie geben uns ein Mittel an die Hand, den Elastizitätsmodul des Erdinneren in verschiedenen Tiefen zu bestimmen. Wenn bisher nur Beobachtungen bis zur Entfernung eines Erdquadranten gelungen sind, so ist dies dem rein zufälligen Umstande zuzuschreiben, dass Europa, wo diese Beobachtungen bisher allein angestellt und untersucht worden sind — über Professor Milne's Horizontalpendelbeobachtungen liegen in dieser Hinsicht noch keine Nachrichten vor —, nahezu die Mitte der Landhemisphäre der Erde einnimmt. Es ist zu erwarten, dass bei Antipodenbeobachtungen erstaunlich geringe Zeitdifferenzen sich herausstellen werden, da dann die Bewegung sich durch die innersten Teile des Erdkörpers fortpflanzt.

Ich schlage daher vor, eine internationale Kooperation bei den Erdbebenbeobachtungen anzustreben, in der Weise, dass an einigen

(zunächst nur wenigen) geeignet ausgewählten Punkten der ganzen Erde während eines bestimmten Zeitraumes korrespondierende Registrierbeobachtungen mittels des Horizontalpendels angestellt, und dass zugleich alle Nachrichten über stärkere Erdbeben auf das sorgfältigste gesammelt und bearbeitet und darauf mit jenen Aufzeichnungen verglichen werden. Ein solches Unternehmen würde, abgesehen von seiner Bedeutung für die Erdbebenkunde, auch einen neuen Weg eröffnen, auf welchem wir Aufschlüsse über das Erdinnere zu erhalten erwarten können. Wir werden im stande sein, besonders bei grossen Erdbeben, die Ausbreitung der Wellen durch den ganzen Erdkörper hindurch zu verfolgen, und daraus die Grundlagen für eine neue Theorie gewinnen, die uns auf indirektem Wege allmählich zur Kenntnis der Beschaffenheit des Erdinneren selbst führen wird. Es wäre dringend zu wünschen, dass diese mit so einfachen und relativ geringen Mitteln auszuführenden Beobachtungen recht bald an geeigneten Stellen in Angriff genommen würden. Als solche kämen in erster Linie die Sternwarten in Betracht, bezw. andere Observatorien, welche mit genau kontrollierten Uhren versehen sind.«

7. Inseln, Strandverschiebungen, Korallenriffe.

Die Insel Capri. Zur Geologie (und physischen Geographie) der Insel Capri liefert H. Karsten einige Beiträge[1]). Die Insel bildet einen Teil des grossen Kreises von Inseln und Halbinseln, die mit der Umgebung des Vesuvs die weite Bucht von Neapel bilden, und dem Beschauer wird die Idee eines voreinstigen riesigen Kraterrandes erweckt. Die Insel besteht fast gänzlich aus dichtem Kalkfels und schliesst sich geologisch zunächst der ostwärts gelegenen Halbinsel Sorrent an, während der nördliche, grössere Teil dieses Kreises vulkanischer Natur ist. Die längliche, von Ost nach West sich erstreckende Insel Capri ist fast in der Mitte dieser Erstreckung durch eine 120 *m* hohe Einsenkung in eine kleinere, östliche und eine ausgedehntere, westliche Hälfte geschieden. Mit Ausnahme der Küsten dieser südwärts verschmälerten Depression ist die Insel ringsum gegen das Meer durch mehr oder minder hohe, senkrechte Wände begrenzt.

Jede der ringsum steil abfallenden Inselhälften streckt gegen O ihren höchsten Gipfel empor, ihre höchsten Abstürze baden ihren Fuss südwärts und ostwärts im Meere, die gegen das mittlere, niedrige, verhältnismässig schmale Bindeglied gewendeten bergen sich beiderseits unter die aus jüngeren Felsschichten bestehenden Massen desselben.

Die aus der Ferne daher zweiteilig erscheinende Insel kann man sich als aus zwei nebeneinander stehenden, gegen W schräg

[1]) Neues Jahrbuch für Mineralogie 1895. 1. p. 139.

abgestutzten Zylindern bestehend vorstellen, zwischen denen bis in die jüngste Epoche das Meer flutete, ähnlich wie jetzt zwischen den beiden Faraglioni. Die Oberfläche des höheren, westlichen Zylinders ist gegen W in wenigen Terrassen abfallend und in dieser Richtung, sowie gegen NW von Thaleinsenkungen durchzogen, die des östlichen ringsum mit aufragenden Spitzen besetzt, und sein vertikal abfallender Südostrand zackig eingeschnitten. Jeder dieser beiden Zylinder hat an der Ostseite seinen fast von NNO—SSW streichenden Höhenzug.

Die ca. 600 *m* hohe Spitze der Westinselhälfte, der Solaro, fällt gegen W und NW in mehreren Terrassen allmählich ab; die mehrspitzige östliche Hälfte hat gleichfalls an dem Ostende ihre grösste Erhebung, den 340 *m* hohen Monte di Tiberio, an den nach S der 260 *m* hohe Telegrapho, nach W der bis 245 *m* hohe St. Michele sich anschliesst; an ihrem Südwestrande erhebt sich der 250 *m* hohe Castiglione; zwischen Michele und Telegrapho zieht sich vom Tiberio ein Höhenzug herab, der beim Städtchen Capri endet, welches neben der Höhe des jüngsten quartären Gebietes dieser Inselhälfte liegt. Auf der gegenüberliegenden Seite der Depression befinden sich auf der Westhälfte der Insel die Ortschaften Anacapri (300 *m*) und Caprile.

Die Oberfläche der Insel — mit Ausnahme der zwischen beiden Inselhälften befindlichen —, soweit sie im übrigen durch die Kultur nicht verändert wurde, hat das Ansehen eines hohe Wellen treibenden Meeres, und auch unter den Kulturterrassen, welche die unteren, erdreicheren Abhänge bedecken, erkennt man bei ihrer Bearbeitung die mehr oder minder deutlich nebeneinander gereihten, seltener netzig verbundenen Felshöcker. Die Oberfläche dieser, ca. meterhohen Höcker ist so eigentümlich von abwärts gerichteten und sich verbreiternden, auch hier und da sich zu sogenannten Gletschertöpfen, Riesenkesseln, vertiefenden Rinnen ausgefurcht, dass man sich in ihrer Mitte in ein Schrattenfeld der Schweizer Alpen versetzt glaubt. An den tiefer als 100 *m* über dem Meere gelegenen, übrigens dort selten vorkommenden Abhängen sind die charakteristischen Formen dieser Schratten selten noch wohl erhalten vorhanden; sie scheinen an solchen Orten von der Brandung zerstört. Verf. giebt eine geologische Beschreibung Capri's zum grossen Teile auf Grund eigener Wahrnehmungen, wegen deren auf das Original zu verweisen ist.

Die Insel Pantelleria ist von A. Dannenberg besucht und geschildert worden[1]). Etwa auf gleicher Breite mit Tunis, 2° östlich davon (12° östl. Länge von Greenwich, 36° 45′ nördl. Breite), erheben sich ihre rein vulkanischen Bergmassen zu einer Höhe von mehr als 800 *m* aus einem Meeresbecken, dessen Tiefen rings

[1]) Gaea 1895. p. 653 u. ff.

herum rasch zu 500—1000 *m* abfallen. Dieser Umstand allein verrät schon genugsam, wie gewaltig und andauernd die eruptive Thätigkeit gewesen sein muss, die diese — und ursprünglich wohl noch grössere — Massen hier aufzutürmen vermochte.

Das Meer zwischen Sizilien und Afrika ist ausgezeichnet wie wenig andere durch das wiederholte Hervorbrechen vulkanischer Feuerbildungen aus seinen Fluten. Am bekanntesten ist die kurze Geschichte der auf solche Weise im Jahre 1831 entstandenen Insel Ferdinandea (Nerita, Giulia, Graham u. s. w.). Fünfzig Jahre später (1881) soll sich ein ähnliches Ereignis etwas südlich von Pantelleria zugetragen haben; auch hier hatte die so entstandene kleine Insel keine Widerstandskraft und wurde bald von den Wogen begraben. Wieder zehn Jahre später, im Oktober 1891, brachen die feurigen unterirdischen Massen im Westen von Pantelleria, nur drei Kilometer entfernt, aus dem Meere hervor und schufen eine gleichfalls nur zu vorübergehendem Dasein bestimmte Insel, 1 *km* lang, 200 *m* breit und durchschnittlich 10 *m* hoch; eine ähnliche Bildung von 500 *m* Durchmesser entstand im Dezember desselben Jahres wiederum südlich von Pantelleria, wie schon zehn Jahre zuvor, ebenfalls um bald wieder zu verschwinden.

So zeigt sich in wiederholten Aufbrüchen an verschiedenen Stellen eine fortdauernde energische Aktion der unterirdischen Gewalten, indessen haben die Bildungen des Vulkanismus sich nur an zwei Stellen dauernd zu behaupten vermocht: in unserer Insel und in der südöstlich davon gelegenen weit kleineren Linosa.

Die Gestalt der Insel ist einförmig, sie ist etwa zwei Meilen lang und eine Meile breit. Die Oberfläche stellt eine schiefe Ebene dar, die von zahlreichen aufgesetzten Vulkankegeln unterbrochen wird. Dauernde Wasserläufe fehlen; an der Oberflächengestaltung hat hauptsächlich nur die vulkanische Thätigkeit Anteil. Als ihr Hauptwerk zeigt sich der dominierende Bau der Montagna Grande, des im südlichen Drittel der Insel liegenden Zentralgebirges, eines breiten Rückens mit 836 *m* Meereshöhe, eng verbunden mit dem südöstlich anschliessenden 700 *m* hohen Monte Gibelé; eine 600 *m* hohe Einsattelung trennt beide Gipfel. Sie bilden den eigentlichen Kern der Insel und stellen zugleich das älteste an der Oberflächenbildung beteiligte Glied der Eruptivformationen dar, nicht das älteste überhaupt.

Die übrigen Berge der Insel sind entweder den Flanken des erwähnten Zentralstockes als parasitischer Krater aufgesetzt oder umgeben jenen rings im weiten Kreise.

Während die ältesten und höchsten Gipfel — Mga. Grande und Mte. Gibelé — keine unmittelbar zugehörigen Laven aufzuweisen haben, besitzen die sie umgebenden jüngeren Vulkane solche in grosser Zahl und von gewaltiger Massenhaftigkeit, die ebenfalls ein sehr wesentliches, formbildendes Element der Oberflächengestaltung darstellen. Neben den Erhöhungen tritt ein für vulkanische

Gebiete charakteristischer Bildungsprozess in handgreiflichster Deutlichkeit vor Augen: die Bodensenkungen, das sogen. »Nachsacken« der Oberfläche, das als unmittelbare Folge der fortgesetzten Massenentleerungen aus so vielen Kratern aufs engste mit den eruptiven Vorgängen verknüpft ist.

Auf der Insel selbst dürften alle Wege von dem Herde der Tiefe zur Oberfläche mit erstarrten Massen endgültig verschlossen sein. Hier finden wir nur noch schwache Anzeichen der noch nicht ganz erloschenen Erdwärme in Gestalt von Dampfausströmungen, Fumarolen. Die schönsten und ergiebigsten Fumarolen liegen auf dem Südabhange der Mga. Grande und führen den Namen »le Favare«; mehrere ähnliche liegen ganz in der Nähe. Weniger bedeutende Dampfmengen entströmen auch sonst vielfach dem Boden, z. B. auf dem flachen Kraterrande der Cuddia Mida, stets ohne Beimengung anderer Gase.

An den tiefsten Stellen der Insel, namentlich am Strande flacher Meeresbuchten und ebenso am Boden des Bagno entspringen heisse, alkalische Mineralquellen als weitere Zeugen der im Inneren der Eruptivmassen noch bewahrten Wärme. Der Bagno selbst ist ein grosses Reservoir alkalischen Wassers. Mehrere heisse Mineralquellen entspringen unmittelbar an seinem flachen Ufer noch unter dem Wasserspiegel.

Die nähere Bestimmung des geologischen Alters der Insel und ihrer einzelnen vulkanischen Formationen bietet grosse Schwierigkeiten infolge der völligen Abwesenheit aller sedimentären Bildungen, mit Ausnahme des jungen Alluviums.

Die Eruptivmassen der Insel treten in allen möglichen Lagerungsformen auf: als plateauartig ausgedehnte Tafeln (das der ältesten Periode angehörende Fundament), als mächtige, massive Kuppeln, als Kraterberge, diese wieder unter sich in Bau und Aussehen vielfach verschieden, als Laven in Form dünner, flach ausgebreiteter Decken oder mächtiger, kleine Bergrücken bildender Ströme, schliesslich als lose Massen, die bei den älteren Gesteinen Bimssteinform annehmen, bei den jüngeren basaltischen als Schlacken und Bomben erscheinen. Noch feineres Material: Lapilli, Sande, Aschen treten dagegen nur sehr untergeordnet auf, und somit spielen geschichtete Tuffe keine bedeutende Rolle in dem Gesamtaufbau. Für den landschaftlichen Charakter massgebend sind neben der dominierenden Kuppel der Mtga. Grande in erster Linie die Kraterberge, von denen eine wahre Musterkollektion verschiedener Typen vorliegt. Die wunderbarsten und grossartigsten bilden eine Gruppe für sich, die der massigen Krater. Sie bestehen gänzlich aus festem Gesteine. Ein furchtbarer, steilwandiger Kraterschlund, umschlossen von mauerartigen, wild zerklüfteten und gezackten Wänden, nimmt den Gipfel ein. Mächtige Blöcke desselben Gesteins bedecken die äusseren Abhänge und den Kraterboden. Dagegen fehlen alle feineren Auswurfsprodukte, so dass diese eigentümlichen

Vulkanbildungen einen von den gewöhnlichen geschichteten Tuffkratern völlig verschiedenen Typus darstellen. Der in seinen Abmessungen gewaltigste Krater dieser Gruppe ist der des 700 *m* hohen Mte. Gibelé, des östlichen Nachbars der Mtga. Grande, gebildet von dem alten Andesite des Zentralmassivs. Die übrigen Krater dieser Art gehören sämtlich der nächstfolgenden Periode an, der der älteren trachytischen Ausbrüche. Bei ihnen entwickelt sich dieser Typus zu geradezu furchtbaren Formen durch die wilde Zerrissenheit, die scharfen Zacken des obsidianartigen, schwarzen Gesteines, das noch fast seine ganze Frische bewahrt hat. Zahlreiche Vulkane dieser Periode zeigen eine solche Ausbildung. Von vielen haben sich mächtige Lavaströme ergossen, z. B. beim Mte. Gelkamar und Mte. Gelfiser, andere stehen ohne solche für sich allein da, nur mit einer kurzen, dicken, fladenähnlichen Ausbreitung ihrer zähen Masse am Fusse, wie die beiden Monti Gibelé.

Zahlreiche andere Vulkane, in verschiedenen Teilen der Insel und verschiedenen Perioden angehörig, sind Anhäufung losen Auswurfsmateriales, also dem gewöhnlichen Typus der Schichtvulkane entsprechend. In diese Gruppe gehört eine andere Reihe von Vulkanen der älteren trachytischen Eruptivperiode, aus dem gleichen Materiale aufgebaut wie jene rauhen Felsen der massigen Krater, aber in ganz anderer Ausbildung, nämlich als Bimssteine von Faust- bis Kopfgrösse. Diese Bimssteinkrater, in ihrer Art ebenfalls sehr charakteristisch für diese Formation, zeigen nichts von den bizarren Formen der gleichzeitigen massigen Kraterbildungen, vielmehr eine äusserst regelmässige Gestalt mit sanften Umrisslinien; einer der schönsten vielleicht ist der vorzüglich erhaltene der Cuddia Mida.

Am häufigsten sind die Aufschüttungskrater in dem vorwiegend basaltischen NW-Teile der Insel. Hier zeigen sie, als die jüngsten Gebilde, die vorzüglichste Erhaltung; ihre kahlen schwarzen oder auch brennend roten Wände, ihre modellartige Stumpfkegelform mit ringsum scharf abgesetztem Fusse kennzeichnen sie schon von weitem auf das Untrüglichste. Neben den Vulkankegeln treten Lavaströme unter den Oberflächenformen am auffälligsten hervor. Der die Insel an dem flachen, der Schiffahrt allein zugänglichen NW-Ende betretende Reisende bemerkt zunächst die ins Meer vordringenden schwarzen basaltischen Ströme, die mit ihrer rauhen, völlig pflanzenleeren Oberfläche durchaus irgend einer jüngeren vesuvischen Blocklava gleichen. Ihre Mächtigkeit ist meist gering, und häufig sieht man sie mit nicht minder rauher Unterfläche ihrer Basis auflagern.

Sobald wir uns aber auf irgend einem Wege dem höher ansteigenden SO-Teile der Insel zuwenden, treffen wir bald auf eine andere, ungleich grossartigere Form von Laven. Es sind die glasigen Ströme der älteren trachytischen Periode, die ebenso durch ihre gewaltige Ausdehnung wie durch ihre furchtbar wilde Oberfläche imponieren und darin den gleichzeitigen massigen Kratern, aus denen sie vielfach ergossen sind, in keiner Weise nachstehen. Die mächtigen

Laven Gelkamar, Gelfiser, Cuttinar, Khagiar sind hervorragende Vertreter dieser Gruppe. In den bizarrsten Formen, wie Baumstümpfe, schaumgekrönte Wellen oder vielleicht noch besser oft einem riesigen Blumenkohle von 3—4 *m* Höhe ähnlich, kräuselt sich ihre glasig erstarrte Oberfläche. Weite Strecken sind mit mächtigen, hoch aufragenden Laven solcher Art bedeckt. Besonders gewaltig erscheinen sie da, wo sie sich als Vorgebirge ins Meer hinaus schieben, mit ihren ringsum steil abfallenden Flanken und dem hohen zackigen Rücken einen unvergleichlichen Anblick gewährend. Beispiele dieser Küstengestaltung sehen wir in der Punta Spadillo, dem vorgeschobenen Ende der Lava Khagiar und der ähnlichen Punta di Fram, von der Lava Gelkamar gebildet.

Die Maltagruppe schilderte O. Lenz[1]). Diese Inseln bilden nur einen über das heutige Meeresniveau erhobenen Teil einer gewaltigen unterseeischen Bank, welche Sizilien mit der gegenüberliegenden afrikanischen Küste verbindet, und die von der 200 Meter-Tiefenlinie umschlossen wird, östlich und westlich dieser Bank fällt das Meer schroff zu bedeutenden Tiefen ab. Ebenso finden wir in Südsizilien dieselben geognostischen Bildungen wie auf Malta; auch die näher der afrikanischen Küste gelegenen Inseln Lampion und Lampedusa gehören der Tertiärformation an, während Pantelleria und Limosa vulkanische Erhebungen darstellen. Malta gehört also im geographischen Sinne zweifellos zu Sizilien, mit dem es auch noch in der jüngsten geologischen Vergangenheit verbunden war. Eine Senkung des Meeresspiegels um etwa 30 *m* würde genügen, um diese Verbindung beider Inseln wieder herzustellen, und die Vereinigung Italiens mit dem nordafrikanischen Festlande würde eintreten, wenn das Mittelländische Meer etwa um 100 *m* fallen würde.

Der maltesische Archipel besteht aus den zwei grösseren Inseln, Malta und Gozo, zwischen beiden liegen die kleinen Felseneilande Comino und Cominotto nebst einigen Riffen, und im Süden der Hauptinsel auch einige unbewohnte Felsen, die unter dem Namen Filfola bekannt, von einem sehr seichten, nur 5 *m* tiefen Meere umgeben sind. Die Hauptinsel ist 32 *km* lang, 15.5 *km* breit; Gozo 16.65 *km* lang und 8.32 *km* breit; Comino 2.08 *km* lang und 1.85 *km* breit. Die höchste Erhebung befindet sich im Südwesten der Hauptinsel mit etwa 258 *m*. Die Zahl der Bewohner ist verhältnismässig sehr gross; man nimmt 160 000 Seelen an, einschliesslich etwa 10 000 englische Soldaten und andere Fremde.

Malta und Comino sind durch eine Grabenversenkung getrennt, in welcher sich die kleinen Inseln Comino und Cominotto erheben, beide getrennt von den grösseren Inseln durch den nördlichen und südlichen Cominokanal. Die etwa 47 *km* lange Längsaxe der

[1]) Deutsche Rundschau f. Geographie 1895. 18. p. 1 u. ff.

Gruppe verläuft in der Richtung von Nordwest nach Südost. Die Steilküste herrscht fast überall vor; der Nordosten ist reicher gegliedert, als der geschlossene Steilabbruch nach Südwesten. Die Brandung der Wogen, Bruchlinien in den etwas nach Nordosten einfallenden Schichten und Niveauverschiebungen haben hier tief einschneidende Buchten geschaffen, die auch als überflutete Flussthäler aufgefasst werden.

Die klimatologischen Verhältnisse können nicht als besonders günstige bezeichnet werden; die Gruppe gehört natürlich in die Region der Sommerdürre und Winterregen, aber der Regenfall ist gering. Das Jahresmittel der Temperatur beträgt 19° C.; das Mittel im Januar 13° C., im Juli (bezw. August) 26.2° C. Die Winter gelten allerdings als sehr mild, aber die Stürme sind häufig und heftig, besonders die Nordwinde, während der von Afrika herüberwehende Sirocco entnervend wirkt; obgleich ein trockener Südwestwind, führt diese Luftströmung bei ihrem Eintreffen auf Malta viel Wasserdampf, so dass das Strassenpflaster feucht wird.

Die jährliche Regenmenge ist zu 608 *mm* berechnet worden; davon fallen 72.1 % auf den Winter, 17.6 % auf den Frühling, 4.0 % auf den Sommer und 9.9 % auf den Herbst. Die ungleichmässige Verteilung der Niederschläge während eines Jahres ist sehr ungünstig für die Quellenbildung; auf kurze Zeit entstehen reissende Giessbäche, den grössten Teil des Jahres aber sieht man nur trockene Erosionsschluchten. Das Regenwasser wird schnell, soweit es nicht verdampft, von dem porösen, weichen Kalksteine aufgesaugt und sammelt sich an einer tieferliegenden Thon- und Mergelschicht; an der Grenze beider Formationsglieder finden sich dann zuweilen natürliche Quellen oder könnten wohl künstlich erbohrt werden.

Entsprechend der Einförmigkeit der Terrainverhältnisse, dem Mangel an Flüssen und Bergen, Seen oder Sümpfen, ferner infolge des geringen Regenfalles und der häufigen Stürme ist die Flora auf der maltesischen Inselgruppe — fast identisch mit derjenigen Siziliens — überaus arm an Arten und Gattungen. Nach Prof. Gulia sollen 84 Ordnungen vertreten sein mit etwa 900 Spezies, darunter einige wenige für Malta eigentümlich. Vorherrschend sind Gramineen und Leguminosae compositae; eigentümlich ist die ungleichmässige Verteilung der Spezies über die Inseln, von denen viele auf kleine Territorien beschränkt sind. Trotzdem sind die Inseln zur Frühlingszeit besonders in den Schluchten mit zahllosen Blumen bedeckt; Bienen sind sehr häufig, und die Gewinnung von Honig bildet keinen unwichtigen Erwerbszweig; auch die Rosen von Malta waren schon im Altertume berühmt, und Honiginsel, Melita, wurde die Insel genannt.

Die einheimische Fauna — vorherrschend Nager — ist natürlich auch unbedeutend; Malta besitzt jetzt acht einheimische Landvögelarten und drei Arten von Wasservögeln als ständige Bewohner,

dagegen werden die Inseln sowohl im Winter, wie im Sommer von zahlreichen Wandervögeln vorübergehend besucht, man zählt deren 278 Arten auf; es ist ein günstig gelegener Ruhepunkt für den Zugvogelverkehr zwischen Afrika und Europa. Einige dieser Zugvögel verbringen nur wenige Stunden auf den Inseln, andere Tage und Wochen, selbst Monate, um da zu brüten. Kleinere Amphibien- und Insektenarten kommen natürlich ziemlich zahlreich vor. Eine Hundeart, die früher sehr bekannt war, scheint völlig ausgestorben zu sein, und unter den Haustieren sind vor allen Ziegen hervorzuheben, Schafe von ziegenähnlichem Habitus (wie in Afrika), Esel, Maultiere, Pferde und Rinder werden gleichfalls gezüchtet.

Die Gesteine der Maltagruppe gehören ausschliesslich der Tertiärformation an. Vielfach sind die Tertiärablagerungen von quaternären Bildungen bedeckt, insbesondere von Terra rossa und von Flussgerölle, die sich auch häufig in Klüften und Höhlen finden und die Lagerstätte ausgestorbener diluvialer Säugetiere sind. Murray fand in einer solchen quaternären Ablagerung Fragmente eines schwarzen Kalksteines, der auf Malta anstehend nicht vorkommt.

Der ganze Schichtenkomplex ist von Brüchen durchzogen, die teils senkrecht auf der von Nordwest nach Südost verlaufenden Längsaxe der Inselgruppe stehen (besonders auf der Hauptinsel Malta), teils einen anderen Verlauf haben, wie auf Gozo; solche Dislokationen sind recht häufig, und diese, sowie die ausgesprochene Neigung des Schichtenkomplexes nach Nordosten lassen den Aufbau der Inseln im allgemeinen recht deutlich erkennen. Denudationserscheinungen an der Oberfläche durch die Wirkung der Winde sind gleichfalls häufig zu beobachten.

Von den verschiedenen Gesteinen ist der »blaue Thon«, der den oberen Korallenkalk und auch den verhältnismässig nicht sehr wenig verbreiteten Grünsand unterteuft, in technischer Beziehung von besonderer Bedeutung, da er die einzige wasserführende Schicht auf den Inseln darstellt. Das Wasser wird durch Brunnen gewonnen, in unterirdischen Stollen gesammelt oder auch in Wasserleitungen den Ortschaften zugeführt. Diese Wasseranlagen stammen wohl meist von den besten Hydrotechnikern des Orientes, den Arabern her; die grosse, nach La Valette, der Hauptstadt, führende Wasserleitung, deren lange Bogenreihen weit in das Land hineinreichen, stammt allerdings erst aus dem Jahre 1610.

Der maltesische Archipel ist nicht frei von Erderschütterungen, die ja überhaupt, sei es infolge tektonischer Störungen oder durch vulkanische Ausbrüche verursacht, in jenen Gegenden des Mittelmeeres nicht selten sind; und ebenso will man in rezenten Zeiten noch Strandverschiebungen beobachtet haben, beziehentlich ein Untertauchen einzelner Küstenstrecken, die sich unter anderem auch daraus nachweisen lassen, dass gewisse Kunstbauten sich jetzt unter dem Meeresniveau befinden.

Die Färöergruppe schildert das neueste dänische Segelhandbuch, aus welchem diese Schilderung von Kapitän Broeker übersetzt wurde[1]). Die Inseln bestehen aus einer Gruppe von 18 grösseren und kleineren Inseln, welche auf ungefähr 62° nördl. Br. und 7° westl. L. auf dem unterseeischen Rücken liegen, der die Nordseebänke mit Island verbindet und die tiefen Bassins des Eismeeres und des Atlantischen Ozeans scheidet. Die Inseln sind vulkanischen Ursprunges und gehören der miocänischen Periode an, sie ragen namentlich an der Nord- und Westseite steil aus der See und sind voneinander durch tiefe Sunde getrennt, von welchen manche nur ganz schmal sind. Ihre Lage im Golfstrome und der warme atlantische Strom, welcher südlich von Island herüber gegen Norwegens Westküste fliesst, geben ihnen im Verhältnisse zu ihrer hohen Breite ein mildes, aber feuchtes und unbeständiges Klima. Die Jahresmitteltemperatur ist 6.5° C.; das Meer um sie herum gefriert nie, und der Schnee verschwindet im Sommer selbst von der höchsten Bergspitze, welche eine Höhe von 2800 dänischen Fuss erreicht. Die Niederschläge sind sehr reichlich, ungefähr dreimal so gross wie in Kopenhagen; Nebel sind namentlich in den Sommer- und Spätjahresmonaten sehr häufig.

Die Einwohner ernähren sich mit Fischerei und Schafzucht, sowie den damit in Verbindung stehenden Erwerbszweigen.

Die Ansteuerung der Inseln wird sehr oft durch Nebel gefährdet; aber eigentlich ist es nur die südlich von Suderö liegende Klippe Munken, welche bei unsichtigem Wetter Segelschiffen einige Gefahr bereitet. Die 100 Faden-Linie läuft überall in einem Abstande von 10 bis 20 Seemeilen um die Inseln, ausserhalb dieser Linie nehmen die Tiefen sehr schnell zu, während sie innerhalb gegen die Küste hin einigermassen gleichmässig abnehmen.

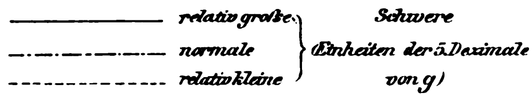
Mehrere Inseln oder einzelne Teile derselben sind sehr charakteristisch durch ihre Gestalt, wie z. B. Store Dimon und Lille Dimon, Skaalhoved und die steilen Berge auf der Nord- und Westküste.

Zur Orientierung für von Westen kommende Schiffe dient zugleich die sogenannte Färöbank; sie hat ihre grösste Ausdehnung von NNO nach SSW, wo sie innerhalb der 100 Faden-Grenze ungefähr 50 Seemeilen lang ist, während die Breite ungefähr 25 Seemeilen beträgt. Ausserhalb der genannten Grenze wachsen die Tiefen plötzlich auf 200 Faden und darüber. Der grösste Teil der Bank besteht aus einem nahezu ebenen Plateau mit 50 bis 70 Faden Tiefe, auf welchem der Boden aus Sand mit Muscheln besteht.

Zwischen dieser Bank und dem Plateau, worauf die Färörinseln liegen, findet man eine Gruppe von Klippen, welche vom

---

[1]) Annalen der Hydrographie 1895. p. 345 u. ff.



Linien gleicher Schwereabweichung
im Gebiet der Adria.

Lith. Anst. v. F. A. Funke, Leipzig.

Jahrbuch VI. 1895. Tafel. 4.

Ed. H. Mayers Verlag, Leipzig.

Grunde steil aufragen; auf ihnen findet man 80 bis 100 Faden Wasser, aber zwischen ihnen grosse Tiefen.

Die Färöbank wird jährlich von vielen dänischen und fremden Fischern besucht, welche hier einen häufig reichen Dorsch- und Kabliaufischfang betreiben. Der Strom um die und zwischen den Inseln, verursacht durch Ebbe und Flut, ist sehr stark.

Die Galápagos-Inseln schildert auf Grund eigener Untersuchungen Dr. Th. Wolf[1]).

»Die Inseln liegen über eine Wasserfläche von mehr als 60000 *qkm* zerstreut, doch berechnet sich die Gesamtmasse ihres Landes nur auf etwa 7430 *qkm*, von denen dann wieder über die Hälfte, nämlich 4270 auf die grösste der Inseln, auf Albemarle fallen, das 140 *km* lang und im Durchschnitte 25 bis 30 *km* breit ist. Indefatigable hat 1020, Narborough 650, James (Santiago) 570, Chatham 430, Charles (Floreana) 140 *qkm*; der Rest von 350 *qkm* verteilt sich unter die übrigen kleineren Inseln, von welchen gewöhnlich noch Hood und Barrington, Duncan und Jervis, Abington, Bindloe und Tower namentlich aufgeführt werden, so dass sich also 13 Inseln ergeben, abgesehen von den vielen kleineren Eilanden und Felsen, welche teils isoliert zwischen ihnen, teils in ihrer unmittelbaren Nähe auftauchen. Wie ein Blick auf die Karte lehrt, befindet sich die Hauptmasse des Landes mit den fünf Hauptinseln zwischen dem Äquator und dem ersten Grade südlicher Breite. Nur drei kleine Inseln (Abington, Bindloe und Tower) fallen nördlich vom Äquator, und zwei nicht viel grössere (Charles und Hood) südlich vom ersten Grade südl. Br.

Was die geologischen und die innig damit zusammenhängenden topographischen Verhältnisse der Galápagos-Inseln anbelangt, so sind dieselben sehr klar und einfach. Wir haben hier eines der schönsten Beispiele einer rein vulkanischen Inselbildung durch Aufhäufung von Eruptivmaterial. An keiner Stelle tritt eine alte nicht-vulkanische Formation zu Tage, nirgends ist der einfache geologische Bau durch gewaltsame Umwälzungen, Verschiebungen oder Verwerfungen gestört; selbst die Oberfläche der Inseln hat durch Erosion kaum etwas von ihrer ursprünglichen Gestalt eingebüsst, mit Ausnahme einiger der Meeresbrandung ausgesetzten Küstenbildungen.

Wir müssen eine ältere und eine jüngere Eruptionsperiode unterscheiden. Während der ersten geschahen die Ausbrüche unterseeisch, und diese mussten ein ganz enormes Material liefern, um auf dem sehr tiefen Meeresgrunde eine Basis aufzuschütten, auf welcher die späteren überseeischen Vulkanberge sich aufbauen konnten. Petrographisch zeichnet sich die alte vulkanische Basis durch das Vorherrschen von Palagonittuffen und anderen sandsteinartigen, deutlich stratifizierten Tuffen aus, während die jüngere vulkanische Formation, soweit wir sie überseeisch beobachten können, ganz aus grossartigen Lavaströmen und Lavadecken mit aufgesetzten Schlackenkegeln, fast ganz ohne Tuff-Bildungen, besteht.

Die alte Tuff-Formation tritt nirgends in ausgedehnten Massen auf, sondern zeigt sich nur sporadisch, fast immer in Form von weiten, hufeisen- oder halbmondförmigen Kratern im tiefsten Teile der Inseln von Lava umflutet, oder in deren Nähe aus dem Meere aufragend, aber nie auf den inneren und hochgelegenen Inselteilen. Stehen die Tuffkrater frei im Meere, oder springen sie als kleine Vorgebirge ins Meer hinaus, was häufig der Fall ist, so sind sie von der Brandung teilweise zerstört und auf einfache Kuppen oder unregelmässige Klippen reduziert, aber das Einfallen der Schichten lässt sie auch dann gewöhnlich noch als Reste einer Kraterumwallung erkennen. Die offene Seite der Caldera, oder ihr niedrigster Rand, ist stets

[1]) Vhdlg. d. Ges. f. Erdkunde in Berlin 1895. **22.** No. 4 u. 5. p. 246.

und ganz unabhängig von ihrer Stellung zu den modernen höheren Inselgebirgen, nach Süden oder Südosten gerichtet, was wohl darauf hinweisen dürfte, dass schon zur Zeit ihrer submarinen Entstehung die herrschende Meeresströmung wie heute noch von SO nach NW lief.

Die alte Tuff-Formation finden wir in besagter Weise auf Chatham, Floreana, Indefatigable, Santiago und Albemarle und auf den diese Inseln umgebenden kleinen Eilanden. Auf den übrigen Inseln fehlt sie oder ist wenigstens für uns durch die neuen Lavaüberflutungen unsichtbar geworden; aber wir dürfen wohl annehmen, dass sie unterseeisch weit verbreitet sein und die gemeinsame Basis dieses ganzen Vulkangebietes ausmachen wird, von welchem wir in den Inseln doch nur die höchsten Teile vor uns haben. Vielleicht wäre uns die Tuff-Formation überhaupt nie zu Gesicht gekommen, wenn nicht eine Hebung des alten Vulkangebietes oder wenigstens eines bedeutenden Teiles desselben stattgefunden hätte. Auf eine solche von wenigstens 100 *m* schliesse ich aus dem Funde von — allerdings seltenen — Meeresmuscheln in den Tuffschichten bis zur besagten Höhe. Die höchsten Tuffberge ragen allerdings fast 300 *m* über das Meer empor; allein ich wage es nicht, sie bis zu dieser Höhe als submarine Bildungen anzusprechen, erstens, weil ich höher als 100 *m* keine Reste von Meerestieren darin fand, und zweitens, weil die oberen Tuffschichten nicht mehr den festen palagolitähnlichen Habitus zeigen, wie die unteren, sondern aus weit lockererem Materiale bestehen, das auch überseeisch aufgeworfen sein könnte. Die Höhe, bis zu welcher der echte Palagonittuff mit spärlichen Muschelresten reicht, ist auf allen Inseln so ziemlich dieselbe und dürfte 100 *m* kaum überschreiten. Ich stelle mir die Hebung als eine sehr gleichmässige, ruhige und wahrscheinlich sehr langsame vor, da sich die Tuffkrater bei diesem Vorgange so vortrefflich erhalten haben, und nirgends in ihren Schichten Verwerfungen zu beobachten sind. Die Hebung dürfte auch vor dem Hauptergusse der grossen modernen Lavaformationen beendet gewesen sein; denn nirgends findet man in den Produkten der letzteren ein Anzeichen, dass sie aus dem Meere gehoben wären.

So interessant nun für den Geologen das sporadische Auftreten der alten Tuff-Formation auch ist, so tritt sie doch ganz in den Hintergrund bei der überseeischen topographischen Ausbildung der Inseln. Diese gründet sich in ihren Hauptzügen wie in ihren einzelnen Teilen vorzüglich auf die relativ junge Lavaformation.

Ob die neueren Lavaergüsse so direkt mit der älteren Bildung der Tuffkrater zusammenhängen, dass sie aus diesen erfolgten, können wir bestimmt weder bejahen, noch verneinen, denn möglicherweise liegen solche Tuffkrater unter den hohen Schlackenbergen begraben; aber merkwürdig ist es immerhin, dass aus den uns noch zugänglichen Tuffkratern fast niemals sich Lava ergossen hat. In manchen Fällen ist die Lava durch ihre offene Seite von höher gelegenen Punkten hineingeflutet, aber unter den mehr als 40 Tuffbergen, die ich gesehen, fand ich nur zwei, in welchen sich ein eigentlicher, dort ausgebrochener Schlackenkegel befand, wo also ein dem Vesuv und der Somma ähnliches Verhältnis vorlag. Der eine dieser Punkte ist die Cormorant-Spitze auf Floreana, und der andere ein sehr regelmässiger kleiner Tuffberg am Kap Berkeley auf Nord-Albemarle, aus dessen Gipfelkrater ein schwarzer Schlackenkegel herausschaut, und über dessen Abhang sich ein schmaler Lavastrom bandartig herabzieht. Auch in diesen beiden Fällen halte ich die Verbindung der alten und der neuen Formation nur für eine zufällige, und da Dutzende von Ausbruchstellen und Gängen in der nächsten Umgebung der genannten Punkte liegen, ist es ja nicht zu verwundern, wenn die Lava zufällig auch einmal ihren Ausweg durch einen Tuffkrater nahm. Im allgemeinen aber scheint sie sich gar nicht um die alten, wahrscheinlich längst verstopften Krater gekümmert, sondern sich neue Auswege gebahnt zu haben.

Darwin schätzt die Zahl der Krater, welche über die Galápagos-Inseln zerstreut liegen, auf mehr als zweitausend. Diese Schätzung mag nicht

übertrieben sein, wenn man dabei all die kleinen, oft nur 50 *m* hohen Aufbruchstellen am Fusse und auf den Abhängen der grossen Kraterberge mitzählt; aber es wäre durchaus unberechtigt, wenn man von ebensovielen Vulkanen sprechen wollte. So wenig wie wir die vielen Eruptionskegel auf den Abhängen des Ätna als besondere Vulkane auffassen dürfen, ebensowenig ist diese Auffassung hier gestattet. Die Zahl der eigentlichen Vulkanberge, d. h. solcher, welche durch einen Eruptionskanal unmittelbar mit dem tiefliegenden vulkanischen Herde dieser Region in Verbindung stehen oder standen und sich durch eine gewisse topographische Selbständigkeit kennzeichnen, ist sehr beschränkt und dürfte 25 nicht überschreiten. Es giebt mehrere Inseln, welche nur aus einem einzigen Vulkanberge bestehen; dahin gehören besonders die kleineren, wie Abington, Bindloe, Hood, Duncan u. s. w., aber auch ein paar der grösseren zeigen dieses Verhältnis sehr schön, so Indefatigable und noch besser Narborough. In anderen Fällen verschmelzen zwei oder drei nahestehende Vulkanberge zu einem langgestreckten Gebirgszuge, wie auf Santiago, Süd-Albemarle und Süd-Chatham. Die zwei zuletzt genannten Inseln bestanden übrigens lange Zeit aus je zwei getrennten Inseln, und diese Inselpaare wurden erst durch die neuesten Lavaergüsse vereinigt. In beiden Fällen, auf Albemarle und auf Chatham, besteht der die Nordhälfte mit der Südhälfte verbindende Isthmus aus einem nur wenige Meter über dem Meere liegenden, schlackigrauhen Lavafelde. Auch die langgestreckte Nordhälfte von Albemarle ist offenbar ihrerseits wieder aus drei ehemals getrennten Inseln entstanden, von denen jede einen kolossalen Zentralkrater besass, obwohl die beiden sie jetzt verbindenden Rücken einige hundert Meter über das Meer emporragen. In allen Fällen sieht man deutlich, wie sich die Inseln von gewissen Zentralpunkten aus durch massenhafte Lavaergüsse vergrössert und ihren Umfang nach allen Richtungen zumal oder nach einer vorherrschend ausgedehnt haben, während sie zugleich an Höhe zunahmen. Nicht immer ist über der Zentralstelle ein grosser Krater vorhanden oder erhalten geblieben. Bei den meisten Inseln stellt der vulkanische Bau eine flachgewölbte Kuppe mit mehreren aufgesetzten Kegeln dar; nur im westlichen Teile des Archipels, auf Albemarle und Narborough, traten dafür hohe steile Kegelberge mit enorm grossen Gipfelkratern auf. Die Höhe der Inseln steht mit ihrem Umfange im Verhältnisse. Die kleineren (Hood, Barrington, Duncan, Abington und Bindloe) erheben sich nur 200 bis 500 *m*, die mittleren (Floreana, Chatham, Santiago und Indefatigable) 600 bis 700 *m*, während die grösste, Albemarle, an ihrer Südwestspitze direkt aus dem Meere zu 1400 *m* aufsteigt. Ihre vier Riesenkrater und der ebensogrosse von Narborough erreichen merkwürdigerweise alle fast genau dieselbe Höhe von 1100 *m*.

Darwin will die Inseln und ihre Hauptkrater in vier ziemlich parallele, von SO nach NW streichende Linien ordnen und sie auf ebensovielen »Eruptionsspalten« entstehen lassen. Wenn wir von den drei in der That, aber doch vielleicht nur zufällig linear gestellten Kratern auf Nord-Albemarle absehen, so erscheint diese Gruppierung in Linien als eine sehr willkürliche, und wir können mit gleichem Rechte verschiedene andere Verbindungslinien ziehen. Nach meiner Ansicht haben solche Gruppierungsversuche hier gar keinen Zweck, da wir nicht wissen, wie die sicher vorhandenen unterseeischen Glieder dieser Vulkangruppe auf deren gemeinsamer Basis verteilt liegen.

Was dem Geologen in dieser grossen Vulkanregion auffällt, ist der Umstand, dass lose aufgeworfenes und abgelagertes Material, also vulkanische Tuffe — die alten schon besprochenen Palagonittuffe ausgenommen —, vulkanische Sand- und Aschenlager oder Anhäufungen grösserer Auswürflinge und Bomben ganz fehlen. Überall besteht die Oberfläche aus Lavaströmen und Lavafeldern, welche in der unteren, trockenen Zone unbeschreiblich rauh und nur in der höheren, feuchten, oberflächlich zersetzt und mit einer

schwachen Humusdecke überzogen sind. Aus der Oberflächenbeschaffenheit und der ganzen topographischen Gestaltung dieser Vulkanberge gewinnt man den Eindruck, dass sie durch ziemlich ruhiges, aber massenhaftes Ausfliessen und Aufhäufen von Lava, die bald zäh-, bald sehr dünnflüssig gewesen sein muss, entstanden seien. Über ihren inneren Bau kann man sich allerdings schwer belehren, denn nirgends ist derselbe durch Einsturzthäler oder Erosionsschluchten in Steilwänden aufgeschlossen. Den einzigen Einblick gewähren die Profile, welche die Brandung des Meeres an einigen kleinen Küstenbergen hergestellt hat, und diese Profile bestätigen die ausgesprochene Ansicht, indem sie nur den Durchschnitt von übereinander gelagerten Lavaschichten mit sehr spärlichen Zwischenlagern zeigen, bei welch letzteren man oft unschlüssig ist, ob man sie als Rapilli-Schichten, oder nur als die zerbröckelte Schlackenkruste der unterlagernden Lavabank ansehen soll. Die einzelnen Lavabänke sind oft kaum 1 *m*, oft aber auch über 20 *m* mächtig und zeigen im letzteren Falle hier und da schöne Säulen- und Pfeilerabsonderung.

In der Haupt-Eruptions-Epoche mussten Massen von ungeheurer Mächtigkeit ergossen werden, oder es lagerten sich viele weniger dicke Ströme in so racher Folge übereinander, dass der jeweilig oberste noch nicht völlig erkaltet und erstarrt war, wenn ein neuer ihn überflutete. In beiden Fällen war der Erkaltungsprozess ein langsamer, vielleicht Jahrhunderte währender, und in dieser Zeit der langsamen Erstarrung und Zusammenziehung fanden die sekundären Auf- und Durchbrüche statt, welchen die Hunderte von Schlackenkegeln, mit oder ohne Gipfelkrater, auf den Lavafeldern und Berggehängen ihre Entstehung verdanken, von der wenige Meter hohen Lavablase oder Schlackenanhäufung bis zum 300 *m* hohen Kegel, der aus seinem Gipfelkrater einen Lavastrom ergoss, das Unterste des primären Stromes zu oberst kehrend. Der Herd dieser sekundären oder parasitischen Vulkane war also ein oberflächlicher und gewöhnlich nach einer einzigen Eruption erschöpft.

Aus dem Gesagten lässt sich schon auf die in der That vorhandene grosse petrographische Einförmigkeit dieser Inseln schliessen. Die Inseln bestehen ausschliesslich aus basaltischem Materiale, und zwar scheinen, wenn nicht alle, doch die allermeisten Laven dem gewöhnlichen Feldspatbasalte anzugehören, bald mehr, bald weniger reich an Olivin. Diese Formation ist also auch stofflich sehr verschieden von der noch grösseren, aber zwölf Längengrade östlicher gelegenen des vulkanischen Hochlandes von Ecuador. Die grösste Analogie mit unserem Vulkangebiete findet sich vielleicht im Haurân-Gebirge Nord-Arabiens, wo mit ganz ähnlichem, höchst einförmigem petrographischen Materiale (Basaltlaven) ähnliche Wirkungen erzielt wurden, und die staunenerregenden Lavaergüsse dieselben primären und sekundären Vulkanberge erzeugten wie hier.

Das Alter der Galápagos-Inseln ist jedenfalls geologisch ein sehr jugendliches, und wenn man nicht fürchten müsste, die für die Entwickelung einer so eigentümlichen endemischen Flora und Fauna notwendig scheinende Zeit allzusehr zu verkürzen, möchte man versucht sein, ihre Entstehung ganz in die rezente Erd-Epoche zu verlegen, besonders da selbst die in den ältesten Palagonittuffen gefundenen Muschelreste rezenten Arten anzugehören scheinen Aber mögen auch die Inseln der Hauptsache nach schon in der jüngeren Tertiärzeit existiert haben, so ist es doch sicher, dass die Thätigkeit auf manchen derselben noch längere Zeit fortgedauert hat; ja glaubwürdige Zeugen berichten sogar von Ausbrüchen aus dem grossen Krater von Narborough und einem anderen aus Süd-Albemarle während der historischen Zeit, welche auf diesen Inseln kaum 300 Jahre umfasst. Besonders der nördliche Teil von Albemarle und die ganze Insel Narborough machen auf den Besucher einen viel jüngeren Eindruck, als die östlichen Inseln, weil dort die Vegetation selbst in der ihr günstigen hohen Zone noch kaum Fuss gefasst hat, und diese schwarzen Vulkan-

kolosse dastehen, als ob sie erst vor wenigen Jahren hingesetzt wären. Auf der anderen Seite muss man aber gestehen, dass es sehr schwer ist, Altersschätzungen zu versuchen in einem Lande, in welchem die Erosionswirkungen und infolge dessen auch die Sedimentablagerungen fast ganz fehlen. Es giebt keine einzige Erosionsschlucht, kein einziges Geröll, mit Ausnahme der von der Meeresbrandung geschaffenen und auf dem Strande hin und her gewälzten. Abgesehen von den erodierten Küsten, liegt auf den Inseln auch ganz oberflächlich noch jeder Stein da und so, wo und wie ihn die vulkanischen Kräfte vor Jahrtausenden hingesetzt haben, in der trockenen Zone ganz frisch, in der oberen feuchten nur oberflächlich verwittert.«

Bezüglich der klimatischen Verhältnisse ist es von Wichtigkeit, dass die Inseln mitten in der kalten peruanischen Strömung liegen, wodurch die mittlere Jahrestemperatur um etwa 6° C. unter diejenige des ecuadorischen Festlandes unter derselben Breite herabgedrückt wird. »Die Regenperiode fällt zeitlich mit der von West-Ecuador zusammen, ist aber viel kürzer. In günstigen Jahren fallen mehrere gewitterartige Regengüsse, besonders in den Monaten Februar, März und April, aber ihre Wirkungen machen sich in den niederen Teilen der Inseln bis zu einer Höhe von 250 *m* kaum bemerkbar. Der Regen wird von der porösen Schlackenlava sofort wie von einem Schwamme aufgesogen und durchgelassen, nirgends bilden sich wenigstens zeitweilige Bäche, Wasseransammlungen oder Quellen, und die spärliche Vegetation der unteren Zone bietet in der Regenzeit keinen erfreulicheren Anblick, sondern dasselbe winterliche, besenreisartige Aussehen wie in der Trockenzeit. Von Mai bis Januar regnet es in der Küstenzone niemals.

Ganz anders verhält sich die höhere, über 300 *m* gelegene Region. Während der kurzen eigentlichen Regenzeit sind dort die Niederschläge auch nicht viel bedeutender als in den tiefen Lagen der Inseln, aber während des langen sogenannten Sommers sind die Berge und Gebirgszüge sehr häufig, von Juli bis November sogar fast beständig in dichte Nebel und Wolken gehüllt, und diese verdichten sich zu den feinen Staubregen (garuas), welche oft tage- und nächtelang ununterbrochen oder mit Zwischenpausen vier- bis sechsmal täglich niedergehen. Man kann sagen, dass es auf den Hochplateaus und den Bergen im Sommer mehr regnet als im Winter, und die anhaltende Feuchtigkeit dieser Periode bringt ganz andere Wirkungen hervor als die wenigen starken Winterplatzregen. Zwar kommt es auch hier nicht zur Bildung von Quellen und Bächen; aber der Boden ist gleichmässig und tief von Feuchtigkeit durchdrungen, die basaltischen Schlackenlaven sind durchschnittlich $^1/_2$ *m* tief zu einer schwarzbraunen, fruchtbaren Erde zersetzt und von einer immergrünen, wenn auch nicht üppigen, doch freundlichen und dicht stehenden Vegetation überzogen. Der Unterschied zwischen der unteren, trockenen und der oberen, feuchten Zone ist so überraschend, und der Übergang von einer zur anderen vollzieht sich, besonders an der Westseite der Inseln, so schnell, dass man zuerst versucht ist, ihn im Wechsel der geologischen Zusammensetzung des Bodens zu suchen. Bald aber überzeugt man sich von der Unhaltbarkeit dieser Annahme, teils durch Untersuchung des Gesteins, teils dadurch, dass man einen der grossen Lavaströme verfolgt, welche in der oberen Region ihren Ursprung nahmen und bis ans Meer hinabflossen.

Die Temperatur ist keinen grossen täglichen Schwankungen unterworfen und das ganze Jahr hindurch ziemlich gleichmässig. In der untersten Zone, bis 100 *m* Höhe, beträgt die Mitteltemperatur dieser Inseln 21° bis 22° C., sie nimmt aber mit der Höhe ziemlich rasch ab. In den Haciendas auf Floreana und Chatham, welche beide fast in derselben Höhe, nämlich in der von 277 und 288 *m* liegen, zog ich aus einer langen Reihe von Beobachtungen das Mittel von 19° C., und für die Pampas auf den Hochplateaus von 400 bis 600 *m* Höhe wird man 17 bis 16° C. setzen müssen, obgleich

bei starken Garuas und starkem Passatwinde das Thermometer selbst am Mittage hier und da auf 14° C. fiel. Auf dem Festlande haben wir unter derselben Breite in solcher verhältnismässig geringen Höhe noch eine Temperatur von 23 bis 24° C. und die prachtvollste Tropenvegetation, während man sich auf den Galápagos-Inseln zwischen dem Büschelgrase und Adlerfarne der Pampas auf die Páramos von Ecuador in 3000 m Höhe versetzt wähnt.«

Die Marshallinseln schildert Dr. E. Steinbach[1]), welcher als Arzt der deutschen Regierung 1891 bis 1894 Gelegenheit hatte, dieselben näher kennen zu lernen. Diese Inselgruppe besteht ausschliesslich aus niederen Inseln, welche in zwei ungefähr parallelen, von NNW nach SSO verlaufenden Reihen, von denen die östliche von den Eingeborenen Ratak, d. h. Inseln gegen Tagesanbruch, die westliche Rälik, Inseln gegen Tagesende, genannt wird, angeordnet sind. Sie erstrecken sich über ein Gebiet, das im Süden bis beinahe zu 4° nördl. Br., im Norden bis zum 15. Breitengrade reicht und sich vom 161. bis 173. Grade östl. L. ausdehnt. In diesem Meeresgebiete, das grösser als das Deutsche Reich ist, liegen 34 Inseln mit einer Bodenfläche von nur 5.05, bezw. nach anderen Angaben 35 deutschen Quadratmeilen. Nach einer oberflächlichen, vom Verf. vorgenommenen Schätzung an der Hand der neueren Karten hält er beide Angaben für falsch und glaubt, dass mit acht Quadratmeilen Land ungefähr das Richtige getroffen sein wird. Die Landmasse ist also gegenüber der ungeheuren Meeresfläche ganz verschwindend klein.

Sämtliche Inseln sind Koralleninseln, die meisten derselben stellen Atolle dar; nur einige wenige, wie Lip, Jabwat, Killi, liegen als Einzelinseln im Ozeane.

Die geographische Lage aller dieser Inseln, selbst wie sie auf den deutschen Seekarten dargestellt ist, entspricht, wie die im Gebiete der Gruppe fahrenden Kapitäne der Handelsschiffe zu ihrem Schaden oft bemerken müssen, noch lange nicht den thatsächlichen Verhältnissen; besonders ist die Form der einzelnen Atolle, z. B. beim Atoll Arno, in den Einzelheiten ziemlich falsch aufgezeichnet. Auch die auf den Karten angegebenen Namen der einzelnen Inseln und Inselchen haben oft nur geringe Ähnlichkeit mit dem wirklich vorhandenen. Um diesen Übelständen abzuhelfen, soll in nächster Zeit S. M. S. »Möwe« eine Neuvermessung oder vielmehr die erste Vermessung der ganzen Marshallgruppe vornehmen.

»Der erste Anblick eines Atolls ist, besonders wenn man sich viele Wochen lang auf einem norwegischen Segelschiffe mit seiner Stockfisch- und Teeratmosphäre inmitten der Wasserwüste des Stillen Ozeans gelangweilt hat, ein ganz wunderbarer. Die am Horizonte auftauchenden, in langen Reihen angeordneten Palmwipfel lassen unwillkürlich die Erwartung nach mehr entstehen. Aber je mehr

[1]) Verhandlungen der Gesellsch. für Erdkunde zu Berlin 1895. 22. S. 449 u. ff.

man sich dem Lande nähert, desto deutlicher werden zwar die Palmen, und taucht der helle Sandstrand, davor die schneeweisse Reihe der in der Brandung sich brechenden Wellen auf; hinter der geschlossenen, nur in unregelmässigen Absätzen den einzelnen Inselchen gemäss unterbrochenen Palmreihe sieht man aber wieder das Meer liegen, allerdings nicht mit weissen Schaumköpfen bedeckt, sondern spiegelglatt als ruhigen, stillen Binnensee.

Die Grösse der einzelnen Atolle schwankt in den Marshallinseln innerhalb sehr bedeutender Grenzen. Das Atoll Lai zum Beispiele hat nur einen Durchmesser von vier bis fünf Seemeilen, dagegen ist das Atoll Kwadjelin, das überhaupt eine der grössten derartigen Bildungen der Welt darstellt, der Länge nach weit über 60, der Breite nach an einzelnen Stellen beinahe 20 Seemeilen gross. Die innerhalb seines Riffkranzes gelegene Wasserfläche stellt also ein kleines Meer für sich dar, auf dem bei starkem Nordostpassate schon ein recht netter Seegang vorhanden sein kann.

Ebenso wie die Grösse des Gesamtatolls variiert aber auch die Zahl und Grösse der auf den einzelnen Riffkränzen liegenden Inseln und Inselchen. Manchmal finden sich nur wenige solche Inseln vor, z. B. im Atolle Namrik nur zwei, oft aber steigt ihre Zahl auf 60 bis 80. Während nun die kleinen Einzelinseln oft nur einige 100 Schritte breit und lang sind, oft überhaupt nur aus kleinen Sandbänken oder Korallenhaufen, die mit etwas Buschwerk und einigen Kokospalmen bewachsen sind, bestehen, finden sich auf anderen Atollen ausgedehntere Landstrecken vor. Dabei ist naturgemäss, da das vorhandene Land dem Verlaufe des Riffs folgt, die Längenausdehnung immer eine bedeutendere als die Breite solcher grösserer Inseln. So zieht sich die Hauptinsel des Atolls Medjeru als ununterbrochener Landstreifen 27 Seemeilen hin, während die Breite desselben Landstreifens nur zwischen etwa 100 und 1000 *m* schwankt. Nur an den Ecken der Atolle findet sich manchmal eine auch in der Breite ausgedehntere und beträchtlichere Landmasse vor.

Die einzelnen Inseln überragen dabei bei höchstem Wasserstande meist nur 1 bis 4 *m* den Meeresspiegel; nur an einigen Plätzen, z. B. auf der Insel Ligieb, sind aus Korallensand Dünenbildungen entstanden, die als kleine Hügel eine Höhe bis zu 12 *m* erreichen können. Die Grundlage aller Inseln bildet immer das feste Korallenriff; auf ihm liegen je nach der Örtlichkeit spitzige Korallentrümmer oder weisser Korallensand. Auf den grösseren Inseln, deren Vegetation stärker geworden ist, findet sich auch schwarzbrauner Humus vor, der, meist nur wenige Zolle stark, an einigen Stellen schon grössere Mächtigkeit, bis zu 2 *m* erlangt hat. Streckenweise sind die Anhäufungen loser Steingerölle und Korallentrümmer so ausgedehnt, dass ein Begehen solcher Flächen nur mit recht schmerzenden Füssen möglich ist. Selbst das beste Schuhzeug wird wie von Glassplittern in kurzer Zeit zerschnitten; überhaupt gewährt

es besonders zur Mittagszeit, wo das wenige vorhandene niedere Buschwerk gar keinen Schatten giebt, ein ganz besonderes Vergnügen, eine längere Wanderung über ein solches Trümmerfeld anzutreten.

Ziemlich oft wird die Mitte der Inseln durch einen oder mehrere kleinere seichte Seen, die Brackwasser enthalten, ausgefüllt. Der Spiegel solcher Teiche hebt und senkt sich dann mit Flut und Ebbe, da der Grund derselben, das feste Korallenriff, mit dem Meere durch tiefe Spalten in Verbindung steht. Doch entspricht diese Bewegung der Zeit nach nicht ganz den Gezeiten; oft ist der Wasserstand in einem solchen See noch ganz hoch, während im offenen Meere schon tiefste Ebbe herrscht, und umgekehrt. Diese eben beschriebenen Teiche, die also die Mitte der Einzelinseln einnehmen, sind nicht zu verwechseln mit der eigentlichen Lagune, die von diesen Einzelinseln und, wo dieselben fehlen, von dem Riffkranze umgeben ist.

Die Tiefe der Lagunen schwankt durchschnittlich zwischen 30 und 50 *m*. Fast in allen Lagunen liegen aber, oft in solcher Anzahl, dass dadurch die Schiffahrt sehr gefährdet wird, Riffe und Untiefen, die zum Teile bei Ebbe über den Meeresspiegel hervorragen. Nach dem offenen Meere zu senkt sich das Riff fast an allen Stellen ganz plötzlich zu bedeutenden Tiefen hinab.

Die Verbindung des innerhalb des Riffkranzes gelegenen Beckens mit dem offenen Meere wird durch Einschnitte, sogenannte Passagen, vermittelt, deren Tiefe meist so beträchtlich ist, dass selbst die grössten Dampfer ungehindert in das Innere der Lagunen gelangen können. Die Zahl und Anordnung dieser Passagen im Riffe ist eine sehr verschiedene, ebenso ihre Breite. In ihnen läuft mit Ebbe und Flut ein entweder aus- oder eingehender Strom, der besonders zur Zeit der höchsten Flut und tiefsten Ebbe ganz bedeutend sein kann und in einzelnen Passagen, so in der Passage der Insel Ebon, bis zu sieben Seemeilen in der Stunde beträgt. Die Ein- und Ausfahrt von Schiffen, besonders Segelschiffen, ist daher zu solchen Zeiten eine sehr gefährliche; die kleinste Unachtsamkeit des Schiffsführers hat dann das Scheitern des Fahrzeuges an den Riffen der Passage zur Folge. Ausser dieser Wasserverbindung findet aber auch sonst überall zwischen den einzelnen Inseln zur Zeit der Flut ein Wasseraustausch über das Riff hinweg mit dem äusseren Meere statt.

Von dieser allgemeinen Beschreibung der Atolle der Marshallinseln weisen nun die einzelnen Atolle so geringe Abweichungen auf, dass es nur zu Wiederholungen führen würde, sich auf eine ausführlichere Schilderung einzulassen.«

Bildung einer Koralleninsel. In der Chinesischen Südsee breitet sich unter 16° nördl. Br. eine flache, etwa 130 *km* lange und 59 *km* breite, die Macclesfiedbank genannte Bank aus, deren

mittlere Tiefe etwa 70 bis 90 *m* beträgt. Sie ist in den Jahren 1892 und 1893 von zwei englischen Schiffen im Auftrage der Admiralität näher untersucht worden, und das wichtigste Ergebnis dieser Untersuchung lautet dahin, dass wir auf ihrem Rande eine im Entstehen begriffene Koralleninsel finden. Die ganze Bank wird nämlich von einem Korallenriffe umzogen, dessen Oberfläche an seiner höchsten Stelle 12 *m*, sonst etwa 17 bis 27 *m* unter dem Meeresspiegel liegt, während die innere Fläche der Bank, wie erwähnt, 70 bis 90 *m* unter dem Meeresspiegel liegt, abgesehen von einer vereinzelten Erhebung in der Mitte, die sich 9 *m* dem Meeresspiegel nähert. An der Oberfläche des Riffes finden sich lebende Korallen, unter ihnen abgestorbene und daneben eine grosse Menge anderer Tierarten, wie Stachelhäuter, Mollusken, Crustaceen und Anneliden, auch kalkhaltige Algen, so dass man vielleicht passender allgemein von einer organischen Bildung statt insbesondere von einer Korallenbildung spräche. Was die Fortsetzung des Riffes in die Tiefe anlangt, so haben die Messungen ergeben, dass der einst von Darwin angenommene allmähliche Abfall unter demselben Winkel, wie er an der Oberfläche zu beobachten ist, hier vielfach durch eine grössere Steilheit ersetzt wird. Im Norden liegt die 100 Faden-Linie eine englische Meile von der 20 Faden-Linie entfernt, die 200 Faden-Linie folgt allerdings erst von da in zehn Meilen Entfernung, abermals sechs Meilen weiter beträgt die Tiefe aber schon 1100 Faden. Im. Osten ist der Abfall steiler: eine halbe Meile Abstand trennt die 20 Faden- und die 100 Faden-Linie, eine Meile von der ersteren ist die 300 Faden-, und 15 Meilen von ihr die 2100 Faden-Linie entfernt. Im Süden finden wir eine halbe Meile vom Rande der Bank 150 Faden, eine Meile von ihr 300 Faden und $3\,^1/_8$ Meilen von ihr 1100 Faden Tiefe. Auch sonst bieten die ganzen hier zu beobachtenden Verhältnisse nichts, was die Darwin'sche Lehre von einer die Korallenbildung begleitenden Senkung ihres unterseeischen Untergrundes bestätigen könnte. Nichts deutet auf eine frühere oder gegenwärtige Senkung oder auch Hebung hin, vielmehr macht die gleichmässige Tiefe der Bank die Abwesenheit jeder derartigen Bewegung wahrscheinlich. Auch ohne eine solche kann sich hier offenbar im Laufe der Zeiten von der Fläche der Bank durch dauerndes, bis zur Oberfläche aufsteigendes Wachstum eine Koralleninsel bilden — ein Vorgang, auf den Darwin's Theorie nicht anwendbar wäre, der vielmehr eine Bestätigung der von Rein, Semper, Murray u. a. vertretenen Ansicht bilden würde, dass der Untergrund der Korallenbauten sich im Zustande der Ruhe befinden kann[1]).

---

[1]) Globus 67. S. 131.

8. Das Meer.

Eine neue Berechnung der mittleren Tiefen der Ozeane nebst einer vergleichenden Kritik der verschiedenen Berechnungsmethoden hat Dr. K. Karstens veröffentlicht[1]).

Zur Berechnung der offenen Ozeane wurden Fünfgradfelder, zu der der Nebenozeane Eingradfelder fast ausnahmslos verwendet.

Für die gesamte Meeresdecke der Erde ergeben sich als wahrscheinliche Werte für die mittlere Tiefe 3496 *m*, 367 868 385 *qkm* Flächeninhalt und ein Volumen von 1 285 935 211 *ckm*.

	mittl. Tiefe	Fläche	Volumen
Südsee	4083 *m*	161 137.973 *qkm*	657 926.344 *ckm*
Indischer Ozean	3654 »	72 563.443 »	265 146.821 »
Atlant. Ozean	3763 »	79 776.346 »	300 198.390 »
Nördliches Eismeer	818 »	12 795.850 »	10 464.590 »
Südliches Eismeer	1500 »	15 630.000 »	23 445.000 »
Alle Mittelmeere	1060 »	30 748.916 »	32 507.965 »

Die jährliche Temperaturschwankung des Ozeanwassers ist von Dr. G. Schott studiert und kartographisch dargestellt worden[1]). Diese Untersuchung stützt sich auf ein überaus reiches und zuverlässiges Quellenmaterial. Bezüglich der jährlichen Temperaturschwankung auf See ergiebt sich, »dass der Betrag der Amplitude nirgends in einem direkten Verhältnisse zur geographischen Breite steht; wir finden unter dem Äquator sehr geringe, aber auch sehr beträchtliche Jahresschwankungen, desgleichen in mittleren und hohen Breiten. Lassen wir einige mehr oder weniger von der offenen See abgeschlossene oder doch kontinentalen Einflüssen sehr ausgesetzte Gewässer, wie die ostasiatischen Randmeere, zunächst ausser Betracht, so schwankt der Betrag der Amplitude zwischen Werten, die noch unter 1° liegen, und solchen bis etwa 15°. Das Charakteristikum der geographischen Verteilung dieser Grösse der mittleren Jahresschwankung liegt darin, dass die Amplitude im Durchschnitte und in allen Ozeanen ohne Ausnahme mit nur relativ geringen Beträgen in den äquatorialen Gegenden auftritt, dass sie polwärts auf beiden Halbkugeln zunimmt, aber nur etwa bis nach 30° — 35° — 40° Breite hin, worauf noch weiter polwärts wieder durchweg eine entschiedene Abnahme der Jahresschwankung folgt, natürlich mit lokalen Abweichungen.

Die Amplitudenmaxima sind auf Nordbreite beträchtlicher als auf Südbreite; im Nordatlantischen Ozeane ändert sich im Laufe des Jahres die Wassertemperatur in der Nähe der Azoren um etwa 8 bis 9°, im nördlichen Stillen Ozeane um etwa 12° im Höchstbetrage; auf Südbreite bleiben die entsprechenden Werte grösster Jahresschwankung unter 8°, ja unter 7°. Eine Erklärung der Lage

---

[1]) Kiel 1894. Lipsius u. Tischer.

[1]) Petermann's Mitteilungen 1895. S. 153.

der Amplitudenmaxima dürfte nicht schwer sein: zunächst ist die in diesen Breiten einige 40 bis 50° betragende jährliche Änderung der Sonnenhöhe zu nennen, sodann die vielfach nur sehr geringe Windstärke, ein Moment von ganz besonderer Bedeutung, endlich eine — wir dürfen es wohl annehmen — relativ grosse Klarheit des Himmels. Die fehlende oder nur unbedeutende Wolkenbedeckung lässt die Insolationsunterschiede, wie sie dem Sonnenstande entsprechen, in vollem Betrage zur Wirkung kommen.«

In der Nähe des Äquators finden sich in allen drei Ozeanen Gegenden, innerhalb deren die Wassertemperatur während des ganzen Jahres noch nicht um 1° sich ändert. In hohen Breiten finden wir auch Minima der Jahresschwankung, aber dieselben gehen kaum unter 2° herab, soweit dies wenigstens mit Bestimmtheit sich behaupten lässt. Das Gebiet allergeringster Jahresamplitude (unter 1°) ist nur ganz klein im Atlantischen Ozeane, im Indischen Ozeane und im westlichen Stillen Ozeane am grössten; es liegt da, wo die Hydrographie die Wurzel des sogenannten Guineastromes, resp. die indische Gegenströmung und die Monsuntriften des westlichen Stillen Ozeans verzeichnet, jedenfalls also in der Nähe der äquatorialen Kalmengürtel mit den die Ausbildung von Extremen hintanhaltenden Faktoren einer starken Wolkenbedeckung, reichlicher Niederschläge und gleichmässiger hoher Temperatur.

»Für die geringe Grösse des Jahresamplitude in den polwärts gelegenen Meeresgebieten ist das genugsam bekannte Klima dieser Gegenden massgebend, welches in einer durchweg starken Luftbewegung und reichlichem Regen zu allen Jahreszeiten die beträchtlichen Differenzen der Sonnenhöhe und deren Wirkungen überwindet, so dass wir auf der in besonderem Grade ozeanischen Südhemisphäre, z. B. bei Kap Horn oder bei den Kerguelen, nur Amplituden von etwa 2° beobachten, im Nordatlantischen Meere 4 bis 5° (ausserhalb von Gegenden starker Strömung), im Nordpazifischen aber über 8°. Man könnte hiernach, wie in mancher anderen Beziehung, den letztgenannten Ozean als denjenigen bezeichnen, der am meisten kontinentalen Charakter aufweist.

Abgeschlossene Meeresgebiete, die in der Nähe grosser Kontinente liegen oder gar von ihnen eingeschlossen und darum ihren klimatischen Einflüssen unterworfen sind, zeigen grosse Schwankungen der Temperatur, ungefähr proportional dem Grade der Abgeschlossenheit vom offenen Ozeane. Die im Bereiche des Mittelmeeres und Schwarzen Meeres auf der Karte eingeschriebenen Zahlen reden hierin eine deutliche Sprache, man vergleiche auch das Rote Meer und die deutschen Gewässer an der Nord- und Ostsee. Hierher gehören ferner die ungemein hohen Amplituden des Golfs von Pe-tshi-li, der Japansee und des Ochotskischen Meeres. In letzterem zeigt der Verlauf der Isoamplituden den Einfluss des Festlandes besonders klar, da in ganz regelmässigen, den Küstenumrissen sich anschmiegenden Kurven diese Linien eine Abnahme

der Jahresschwankung nach der offenen See hin erkennen lassen.

Überall da, wo beträchtliche Strömungen im Laufe des ganzen Jahres ohne wesentliche Änderungen der Geschwindigkeit verlaufen, finden wir — ceteris paribus — relativ zur Umgebung geringe Schwankungen der Wassertemperatur, so im Bereiche der westindischen Gewässer und des Floridastromes, so im Agulhasstrome und Brasilienstrome. Da aber, wo Strömungen starken jahreszeitlichen Änderungen unterworfen sind, finden wir auch bedeutende Amplituden der Temperatur; dieselben sind direkt in der Weise verursacht, dass während der einen Jahreszeit, sagen wir im Sommer, an einer bestimmten Stelle etwa eine warme Strömung vorhanden ist, die im Winter durch irgend welche Umstände, vielleicht sogar durch eine kalte Strömung, von eben jener Stelle verdrängt wird. So liegen z. B. die Verhältnisse in der ganzen weiteren Umgebung der Neufundlandbänke und im ostasiatischen Küstengebiete, speziell an der Stelle des Zusammenstosses des Kuro- und Oya-shiwo. Hier haben wir Gegenden, die bald warmes, bald kaltes, ja eisig kaltes Wasser führen, darum diese hohen Werte der Amplituden in Beträgen von über 20°.

Geradezu einzig in seiner Art — im Hinblicke auf die niedrige geographische Breite — sind die Jahresänderungen der Temperatur in der Formosastrasse an der chinesischen Küste. Unter dem Wendekreise betragen dort die Amplituden 10 bis 15° und darüber, während im Nordatlantischen Ozeane, mit dem sonst der Nördliche Stille Ozean viele Analogien hat, in diesen Breiten die Temperatur nur etwa um 4 bis 6° sich ändert. Mehrfach hat der Verf. auf diese ganz abnormen Wärmeverhältnisse hingewiesen, hier sei nur erwähnt, dass die Ursache hauptsächlich in dem halbjährlichen Stromwechsel liegt. Während des SW-Monsuns ist dies Meeresgebiet von tropisch warmem Wasser, das aus der Chinasee stammen mag, angefüllt, im Winter treibt der Nordmonsun aus dem Gelben Meere sehr kaltes Wasser längs der Küste südwärts.«

»Der nördliche Stille Ozean weist nicht allein von allen Gewässern die grössten jährlichen Amplituden auf, er ist auch zugleich dasjenige Meer, in welchem selbst die Gegensätze hinsichtlich der Grösse der Schwankung nahe bei einander am stärksten werden. Nirgends finden wir wieder über ähnlich grossen Gebieten wie dem ganzen nördlichen und westlichen Teile dieses Meeres Temperaturänderungen von 10° und mehr, nirgends sind anderseits auch die Flächen geringster jährlicher Amplitude so ausgedehnt wie in seinem tropischen Teile, so dass wir den Gegensatz zwischen hohen und niedrigen Breiten hier am schärfsten ausgeprägt finden. Der nördliche Stille Ozean erscheint so als derjenige, der kontinentalen Einflüssen am meisten unterliegt, und man darf von einem höheren Standpunkte aus — indem man mehrere verbindende Zwischenglieder überspringt — wohl sagen, dass es eben der gewaltige

Kontinent Asien ist, der dies bewirkt. Diesem »kontinentalen« Ozeane folgt in absteigender Reihe der Nordatlantische Ozean; über grossen Gebieten sind, und zwar wiederum hauptsächlich an der Westseite in mittleren Breiten, die Schwankungen sehr beträchtliche; aber nach dem hohen Norden hin nehmen sie wieder ab, da der Ozean in grosser Breite zum nördlichen Eismeere hin geöffnet ist, was bei dem nördlichen Stillen Ozeane gar nicht der Fall ist.

Die südhemisphärischen Meere gleichen sich sehr; zwischen 30 und 40° südl. Br. wird stets das Maximum der Temperaturamplitude mit 6 bis 7.5° erreicht, dann nimmt die Schwankung polwärts wieder entschieden ab.

Eine Sonderstellung behauptet, wie in jeder hydrographischen Hinsicht, der tropische Indische Ozean. Die starken, gerade in der Nähe der Linie im Atlantischen und Stillen Ozeane auftretenden Temperaturänderungen, welche oben näher besprochen wurden, fehlen ganz, da die verursachenden Strömungen wesentlich verschieden von denen der zwei anderen Weltmeere sind.

Die folgende Tabelle wird das eben Gesagte zahlenmässig beweisen, besonders auch den durchgreifenden Gegensatz zwischen nordhemisphärischen und südhemisphärischen Amplituden; es sind in der Tabelle mittlere Amplitudenwerte der einzelnen Breitenkreise berechnet, die Zahlen, welche für landnahe Gewässer gelten, aber nicht mitbenutzt worden.

Breite	Atlantischer Ozean	Indischer Ozean	Stiller Ozean	Ozean. Gesamtmittel	Festland nach Supan
50° N.	7.2	—	9.6	8.4	25.4
40 »	8.9	—	11.6	10.2	19.2
30 »	6.2	—	7.1	6.7	12.4
20 »	4.1	4.0	2.8	3.6	8.4
10 »	2.3	2.9	1.5	2.2	3.7
0 »	3.2	1.3	2.4	2.3	1.3
10° S.	4.0	1.8	2.0	2.6	2.9
20 »	4.1	3.3	3.3	3.6	6.0
30 »	5.6	5.2	4.6	5.1	8.1
40 »	5.0	4.0	5.3	4.8	8.8
50 »	2.9	2.5	3.2	2.9	—

Ein Vergleich der West- und der Ostseiten der Ozeane zeigt, dass in der mittleren und höheren südlichen Breiten die Jahresschwankung der Wassertemperatur an den beiden Küsten ungefähr dieselbe ist, dass in den Tropen (aber nur im Atlantischen und Stillen Ozeane) die Ostseiten, also die an die Westküsten Afrikas und Amerikas grenzenden Gewässer viel grössere Amplituden haben als die auf der anderen Hälfte, während für die mittleren und höheren nördlichen Breiten dies Verhältnis sich wieder umkehrt:

hier sind die Westhälften der Ozeane, also die Meeresteile, welche die Ostküsten Amerikas und Asiens bespülen, durchweg grösseren Temperaturschwankungen unterworfen als die Osthälften.«

Bezüglich der Eintrittszeiten des Maximums und Minimums der Wassertemperatur auf See bemerkt Dr. Schott, dass bekanntlich im allgemeinen über den Meeren der subtropischen gemässigten und höheren Breiten der Eintritt der Wärmeextreme sich gegen diejenigen auf dem Lande beträchtlich verspätet. In dem ausserhalb des Wendekreises gelegenen Raume des Nordatlantischen Ozeans bis zur Breite des Englischen Kanals wird die höchste Wassertemperatur durchweg erst im August oder September, vereinzelt sogar erst im Oktober erreicht. »Der Wärmefortschritt, den das Wasser vom Juli ab trotz abnehmender Sonnenhöhe auf Nordbreite noch macht, ist dabei recht erheblich; denn im Durchschnitte ist die Temperatur des Juli um 1 bis 1.5°, stellenweise um über 2° niedriger als die des August, resp. September. Hann giebt an, dass auf Madeira (Funchal) die Luft im September noch ebenso warm ist wie im August und wärmer als im Juli, sowie dass Februar und März die kältesten Monate sind. Dies stimmt vorzüglich mit dem Wärmegange des umgebenden Meerwassers und ist offenbar durch denselben veranlasst.«

Das Temperaturminimum fällt im Atlantischen Ozeane innerhalb des oben bezeichneten Raumes zu gleichen Teilen entweder in den Februar oder in den März. An den deutschen Küstenstationen der Ost- und Nordsee fällt es in den Februar (das Maximum in der Ostsee in den Juli, in der Nordsee in den August).

Der Eintritt der Extreme in den äquatorialen Meeresgebieten ist für den Atlantischen Ozean sehr gut nachweisbar.

»Der Südäquatorialstrom, der bekanntlich mit dem SO-Passate weit auf Nordbreite übertritt und durchweg grosse Geschwindigkeiten besitzt, die grösste aber im Juli und August erreicht, führt relativ sehr kaltes Wasser mit sich, das kälteste zur Zeit des stärksten Fliessens; darum im August das Minimum der Wassertemperatur. Seine Nordkante ist sehr scharf abgesetzt; darum auch die scharfe Grenze gegen das Gebiet des schwächlichen Nordäquatorialstromes, in welchem die Temperaturen dem Sonnengange folgen.

Ganz ebenso liegen die Verhältnisse jedenfalls im östlichen Teile des äquatorialen Stillen Ozeans, denn dort sind durchaus analoge hydrographische und auch meteorologische Erscheinungen nachweisbar. Im August und September, ja bis zum November hin werden hier von den Schiffen jene aussergewöhnlich niedrigen Wassertemperaturen gemessen (bis unter 19° im Mittel!), während von Februar bis Mai im Stromstriche der Südäquatorialströmung die Maximaltemperaturen auftreten.

Äusserlich ähnlich ist der jährliche Temperaturgang der Gewässer auch an den Westküsten Zentralamerikas. Aber hier muss ein Vergleich mit indisch-ostasiatischen Verhältnissen gezogen werden,

da speziell für den Eintritt des Wärmemaximums im Mai meteorologische Faktoren bestimmend sind. Die Sonne steht um diese Zeit für die Breiten von 15 bis 22° nördl. Br. im Zenith, und es fällt ausserdem in diesen Monat die Kenterung des Monsuns, womit Windstillen verknüpft sind; letztere bedingen stets ein starkes Ansteigen der Temperatur. An der Hand von Monatskarten ist vom Verf. dieser speziell indische Temperaturgang für die Chinasee in einer früheren Arbeit verfolgt worden; das Temperaturminimum fällt in den Februar, aber ein sekundäres, auf die Regenzeit zurückzuführendes Minimum lässt sich im August erkennen.«

Die physikalischen Zustände und Vorgänge in der Ostsee behandelt Dr. O. Krümmel auf Grund der neueren fremden und eigenen Beobachtungen.[1]) Physikalisch betrachtet, zerfällt das Gebiet der heimischen Meere zunächst in zwei grosse Teile, das der Nordsee und der Ostsee: die Grenze zwischen beiden dürfte in der Linie von Skagen nach Marstrand, also am Nordrande des Kattegats zu sehen sein. Das Skagerrak wäre danach als ein Teil der Nordsee, in mancher Hinsicht sogar des Nordmeeres, zu betrachten, da die tiefe norwegische Rinne ja in das Becken des Nordmeeres, und zwar in die mutmasslich grösste Austiefung des arktischen Mittelmeeres, unmittelbar hinüberleitet. Die Tiefen des Skagerraks sind denn auch mit ozeanischem Wasser erfüllt, und die Wärmeschichtung wird sehr wesentlich von dieser Thatsache beherrscht, während allerdings an der Oberfläche das auslaufende Ostseewasser eine bedeutsame Rolle spielt. Das Ostseegebiet zerfällt dann wieder in drei Teile: das Gebiet des Kattegats und der Belte, die eigentliche Ostsee, das bottnische Gebiet. Die Grenze zwischen der »Beltsee« und der »Ostsee« im engsten Sinne liegt erstens in der submarinen Bodenschwelle, die von den dänischen Inseln Falster nach dem Darss und Rügen hinüberführt und nirgends eine grössere Tiefe als 18 *m* besitzt, und die wir kurzweg als Darsser Schwelle bezeichnen, sodann im südlichen Ausgange des Öresunds mit 7 *m* Tiefe. Zu der »Beltsee« gehören also: das ganze Kattegat, dessen Boden nur an der östlichen, schwedischen Seite Tiefen über 50 *m* erlangt, der Sund, der grosse und der kleine Belt, die Kieler Bucht, der Fehmarnbelt, die Mecklenburger Bucht und die Kadettrinne (zwischen Darsser Ort und Gjedser): alles sehr inselreiche, horizontal und vertikal reichgegliederte, nur selten über 30 *m* tiefe Flachseegebiete, in denen sich, man möchte sagen: unter allerhand erschwerenden Umständen, der Übergang von der Nordsee zur Ostsee und der Austausch ihrer Gewässer vollzieht. Die eigentliche Ostsee reicht dann von Seeland, Möen und Rügen im Südwesten bis zu den Alandinseln im Norden, den finnischen Schären und Kronstadt im Nordosten. Hier überschreiten die Tiefen meist 50 *m*, auf einer grossen, die Insel Gotland gabelförmig von Norden her umfassenden Fläche sogar 100 *m*,

---

[1]) Petermann's Mitteilungen 1895. p. 81 u. ff., p. 111 u. ff.

mit zwei grössten Austiefungen: die eine mitten zwischen Kurland und Gotland hat 249 *m* Maximaltiefe, die zweite, zwischen den Stockholmer Schären und Gotland, näher an Landsortfeuer heran, hat sogar 427 *m* in einer lochartigen Grube, die ein ganz weiches Mudlager enthält, worin die Wasserschöpfer 20 bis 30 *m* tief einzusinken pflegen. Ausserdem wird noch in der Danziger Bucht die Tiefe von 100 *m* ein wenig überschritten. Die thermischen Vorgänge und Zustände dieses Ostseebeckens sind ganz eigenartig und von denen der flachen Beltsee recht verschieden. Wiederum in einer Landschwelle, die von den Stockholmer Schären nach den finnischen bei Utö hinüberreicht und nicht tiefer als 38 *m* ist, südwärts abgeschlossen, breitet sich der Bottnische Golf nach Norden hin aus, ebenfalls mit eigentümlicher Wärme- und Salzgehaltschichtung. Der Finnische Golf dagegen verdankt seiner sehr viel grösseren Zugangstiefe von mehr als 100 *m* und der allmählichen Abnahme der Bodentiefe nach Osten hin, dass sich seine Gewässer wie ein Teil der eigentlichen Ostsee verhalten.

Als Sammelbecken atmosphärischer Niederschläge auf einem sehr grossen Teile des nördlichen Europa ist die Ostsee, bei nur engem Ausgange zum Ozeane hin, im ganzen nur mit geringem Salzgehalte ausgestattet, der, wie man lange weiss, an den äussersten nördlichen und östlichen Enden bei Haparanda und Kronstadt fast oder ganz auf Null sinken kann. Als Ganzes betrachtet, steht das Wasser der Ostsee dem der nördlichen Nordsee wie eine Säule von bedeutend geringerem spezifischen Gewichte zur Seite, und ein Ausgleich dieser Dichte-Unterschiede muss in der Weise erfolgen, dass an der Oberfläche das salzarme, also leichte Wasser in den Ozean hinaus-, in der Tiefe aber das schwerere, salzreichere Wasser in die Ostsee hineinstrebt. Dieser Austausch wird sich vorzugsweise in der Übergangsregion der Beltsee vollziehen, aber auch überall in der eigentlichen Ostsee von den kontinentalen nach den weiter nach aussen gelegenen Teilen. Wie schon die ersten Untersuchungen von Dr. Heinrich Adolf Meyer und die Pommeraniafahrten vor einem Vierteljahrhundert hingedeutet und darauf Ekman's systematische Messungen in helles Licht gesetzt haben, ist ganz allgemein die Anordnung des Salzgehaltes so, dass die Flächen gleicher Salinität oder die Isohalinen regelmässig von aussen nach innen »einfallen«, und die Schichten ähnlicher Dichtigkeit sich nach aussen, d. h. in der Richtung auf die Zugänge der Ostsee hin, keilförmig nach der Oberfläche zuspitzen.

Der typische Unterschied zwischen der Beltsee und der eigentlichen Ostsee besteht nur darin, dass die Beltsee, als Übergangsgebiet, eine ausserordentlich rasche Zunahme des Salzgehaltes an ihrer Oberfläche von innen nach aussen und ebenso von der Oberfläche nach der — meist geringen — Tiefe hin zeigt, die eigentliche Ostsee dagegen auf der ganzen Strecke zwischen Rügen und den finnischen Schären an der Oberfläche nur die geringe Abnahme des

Salzgehaltes von 8 auf 6 Promille aufweist, wobei eine mindestens 50 *m* mächtige Schicht von der Oberfläche abwärts nahezu denselben gleichmässigen Salzgehalt besitzt: homohaline Deckschicht.

In der keilförmigen Anordnung der Schichten ähnlichen Salzgehaltes erkennt man ohne weiteres die Wirkung der beiden vertikal übereinanderliegenden Ströme: an der Oberfläche das aus der Ostsee hinausstrebende süssere, in der Tiefe das einlaufende salzigere Wasser. Die Erdrotation drängt beide Ströme nach rechts: so herrscht im Sunde der auslaufende Strom mit besonderer Regelmässigkeit, in den beiden Belten dagegen findet man das salzigere Wasser in der Tiefe, und ebenso wird es wohl durch die Erdrotation veranlasst sein, dass auch weiter in die Ostsee hinein, in der Mecklenburger Bucht und nördlich von Rügen, dieses schwere Tiefenwasser wesentlich an der südlichen, deutschen Seite zu finden ist.

Die Temperaturanordnung im Bereiche der Ostsee ist sehr kompliziert. »Allgemein genommen«, bemerkt Dr. Krümmel, »kann in einem Wasserbecken die Temperatur in folgenden Varianten vertikal angeordnet sein, die, wie vorausgeschickt sein mag, auch sämtlich zu Zeiten in der Ostsee vorkommen:

1. Die Temperatur ist von der Oberfläche bis zum Boden in allen Tiefen gleich: das Wasser ist homotherm oder gleichwarm. Das Gegenteil, wo also überhaupt Unterschiede zwischen oben und unten stattfinden, giebt eine Anordnung, die heterotherm genannt sein mag; beide Ausdrücke sind nicht neu. Diese heterotherme Schichtung zerfällt wieder in folgende einfachere Kombinationen:

2. Das Wasser ist an der Oberfläche warm und wird nach der Tiefe hin stetig kälter: anotherm oder obenwarm.

3. Das Wasser ist oben kälter als in der Tiefe: katotherm oder untenwarm.

4. Das Wasser ist oben kalt, dann in einer Mittelschicht wärmer, darunter aber wieder kälter: diese Schichtung heisse mesotherm oder mittenwarm.

5. Eine Anordnung, wo das Wasser oben warm ist, in der Mitte kälter und nach dem Boden zu wieder wärmer wird, giebt eine dichotherm (διχό-θερμος = getrennt-warm) oder mittenkalt genannte Schichtung.

6. Unregelmässige Abwechselung wärmerer und kälterer Schichten endlich wird in ihrer ganzen Buntheit von Kombinationen zusammengefasst als poikilotherm.

Zur Erläuterung dieser Begriffe und als Beispiele für diese Terminologie sei erwähnt, dass der offene Ozean der Tropen durchweg anotherm oder obenwarm ist; dass die flachen Teile des arktischen Mittelmeeres in der kälteren Jahreszeit katotherm oder untenwarm sind; dass der dichotherme Zustand für die tieferen Nebenmeere der höheren Breiten im Sommer der herrschende Typus ist, und dass die flacheren Teileder Nordsee in der Regel, namentlich aber im Winter, als homotherm gelten dürfen.

In unserm Ostseegebiete lässt sich nun kurz die Wärmeschichtung so bezeichnen: in der Beltsee ist das Wasser im Sommer anotherm, im Winter katotherm, nach stürmischem Wetter, zumal im Herbste und Frühlinge, homotherm.

«Die eigentliche Ostsee dagegen scheint, da wir den Winterzustand in ihr nur unvollkommen oder gar nicht kennen, wenigstens im Sommer deutlich dichotherme Schichtung zu zeigen; im Winter wird sie poikilotherm oder zeitweilig auch mesotherm oder katotherm sein.

Bezüglich der Ursachen, welche den jeweiligen Erwärmungszustand solcher Wasserschichten, wie sie für die Ostsee in Betracht kommen, bedingen, bemerkt Krümmel folgendes:

Die grossen jahreszeitlichen Schwankungen der Lufttemperatur über der Ostsee, deren Amplitude auf mindestens 40° anzusetzen ist, werden in erster Linie in Betracht kommen. Ihnen verdankt die Oberfläche der Ostsee ihre im Sommer oft bis 18° ansteigende Erwärmung, im Winter dagegen die Eisbildungen, die im Finnischen und Bottnischen Golfe zu einer monatelang festen Eisdecke führen. Wie tief im Sommer die Sonnenstrahlen unmittelbar erwärmend in die Tiefe vordringen, ist nicht näher festgestellt; da aber die eigentlich thermisch wirksamen roten und gelben Strahlen besonders rasch vom Wasser absorbiert werden, wird sich diese unmittelbare Sonnenwirkung auch im Sommer nicht allzutief erstrecken. Die innere Wärmeleitung von einem Wasserteilchen zum anderen ist so gut wie ganz auszuschalten, da sie beim Wasser äusserst gering ist: man kann Lundqvist beistimmen, wenn er (nach einem Citat von O. Pettersson) die Leitung der Sommerwärme in der Ostsee nach der Tiefe hin in sechs Monaten auf ein paar Meter schätzt.

Wichtiger ist der vertikale Austausch zwischen den Wasserschichten durch Konvektion, also durch vertikale Wanderung der Wasserteilchen selbst. Die Durchmischung der obersten Schichten im Sommer, der die homotherme Schicht von gelegentlich von 12—20 *m* Dicke zuzuschreiben ist, erfolgt doch wohl in derselben Weise, wie das Eduard Richter von den Alpenseen dargelegt hat: Die nächtliche Abkühlung macht die Oberflächenteilchen schwerer, so dass sie nach unten sinken, um wärmeren Platz zu machen, die demselben Schicksale unterliegen. Die unperiodischen täglichen Wärmeschwankungen werden ähnlich wirken. Beim Seewasser tritt daneben noch als sehr wesentlich die Verdunstung auf: ein frischer trockener Wind macht das Oberflächenwasser salziger, so dass es absinkt, um anderen Platz zu machen. Auch diese Wirkung der Verdunstung in die Tiefen hinein ist noch nicht näher untersucht: sie wird in allen Jahreszeiten bei trockenem Wetter nicht zu ignorieren sein. Im Herbste und Winter werden also die Wasserteilchen an der Oberfläche stark abgekühlt, und der Ersatz durch leichtere und wärmere wird tiefer hinabgreifen, bis in die unterste Region der homohalinen Deckschicht. Bei den von Frischwasser erfüllten Landseen ge-

schieht es bekanntlich, dass schliesslich die dichte Schicht von 4° zu unterst liegt; beim Seewasser aber ist diese Temperatur der grössten Dichte desto tiefer unter 4°, je grösser der Salzgehalt ist, und zwar sind die den vorliegenden Beobachtungen am besten entsprechenden Temperaturen der Maximaldichte für das Seewasser im Bereiche der Ostseeoberfläche folgende:

Promille.											
Salzgehalt . . .	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Grösste Dichte bei	3.0°	2.8°	2.6°	2.4°	2.2°	2.0°	1.8°	1.6°	1.4°	1.1°	0.9°

Kühlt sich beispielsweise im Winter die Oberfläche der Ostsee östlich von Gotland bis unter 0° ab, so wird dieses kalte Wasser nicht in die Tiefe sinken, sondern man wird, volle Ruhe im Wasser vorausgesetzt, in der untersten Region der homohalinen Deckschicht von 7.5 Promille eine Temperatur von etwa 2.5° erwarten dürfen. Nun sind aber, wie bereits angeführt, in einigen Fällen dort recht niedrige Temperaturen gemessen: so fand Ekman zu Wasser von 7.5 Promille eine Temperatur von + 1.8° (statt des Dichtemaximums von 2.46°), und Kapitän Wessblad zu 7.6 Promille sogar nur + 0.8° (Dichtemaximum wäre bei 2.5°). Solche Abweichungen weisen darauf hin, dass hier noch andere Kräfte neben der Konvektion thätig gewesen sein müssen, also unsere Annahme: volle Ruhe und Ungestörtheit der Deckschicht, nicht zutrifft, — kurz, dass es sich hier jedenfalls um eine mechanische Durchmengung der tieferen mit den höheren Schichten handeln müsse.«

»In erster Linie kommt dabei die Wirkung des Windes in Betracht, und zwar zunächst die Wellenbewegung. Den Sturmwellen der breiteren Wasserflächen um Bornholm und Gotland wird man im wesentlichen die partielle oder totale Homothermie der Deckschicht zuzuschreiben haben, und es ist eine auch für die allgemeine Ozeanographie nicht unwichtige Thatsache, aus der Wärmeschichtung und dem Gasgehalte der Tiefen diese mechanische Wellenwirkung für unsere Ostsee bis in 60 und 80 *m* Tiefe hinab nachweisen zu können.

Eine zweite Form der Durchmischung durch den Wind ist in den Vorgängen des Windstaus gegeben; sie wird sich zwar wesentlich nur an den Küsten äussern können, trägt aber doch dazu bei, die Isothermflächen der Tiefen recht zu komplizieren. Ein ablandiger Ostwind im Sommer lässt an der kurländischen Küste das kalte Tiefenwasser aufsteigen, so dass in wenigen Stunden statt 18° nur noch 8°, ja 6° an der Oberfläche gefunden werden. Dieser östliche Wind ist aber meist recht warm, so dass das an die Oberfläche gelangte Tiefenwasser durch Luft und Sonne notwendig angewärmt werden muss. Schlägt dann der Wind um nach Westen, so tritt dieses angewärmte Wasser in die Tiefe zurück, wo es durch den Staustrom sogar unter seine Ruhelage hinabgedrückt wird. Ein in dieser Weise stetig durch den Windstau bearbeitetes Wasserbecken wird allgemein die Isothermflächen an den Küsten tiefer-

liegend zeigen als in der Mitte, wofür die von Pettersson für die Ostsee und das Skagerrak gezeichneten thermischen Querprofile gute Beispiele liefern. So ist denn auch in der That die kälteste Schicht besonders deutlich nur in den küstenfernen und tieferen Teilen der Mitte der Ostsee zu finden.«

»Neben diesen Windwirkungen wird aber, wie ich meine, noch ein dritter, namentlich im Frühjahre sich abspielender Prozess nicht unbedeutsam, der im Auftreten des Planktons beruht. Wie die Forschungen von V. Hensen und K. Brand sehr wahrscheinlich gemacht haben, ist die grösste Individuenzahl der Planktoorganismen ziemlich regelmässig im Frühjahre zu finden, wo die kleinen Peridineen und Diatomeen oft so massenhaft auftreten, dass kein Sonnenstrahl durch die obersten Schichten gehen kann, ohne eines dieser Wesen zu treffen. Nach solcher Massenwucherung aber verschwindet dieses Plankton in wenigen Wochen, »wie mit einem Schlage«, es stirbt ab, nachdem die Dauersporen oder Eier abgesetzt sind. Es findet also dann ein ergiebiges Absinken dieser letzteren und der toten Planktonkörper (ein Leichenregen) nach der Tiefe hin statt, und wenn auch jeder einzelne Kadaver nur mikroskopisch klein ist, so sind ihrer doch gleichzeitig Milliarden im Kubikmeter Wasser verteilt und alle mit Wasser getränkt, so dass sie beim langsamen Versinken die kalten Temperaturen der oberen Schichten mit in die Tiefe transportieren helfen. In abgeschwächter Weise findet dieser Vorgang das ganze Jahr hindurch statt. Wird dann in 50 oder 60 *m* das unter der Deckschicht liegende salzigere, also schwerere Wasser erreicht, so wird die Differenz zwischen den spezifischen Gewichten dieser kleinen Kadaver und ihrer Umgebung sehr gering, so dass sie dann weiterhin nur noch langsam sinken und allmählich aufgelöst werden können.

Die unterhalb 70 *m* liegenden Tiefenschichten werden also kaum mehr von diesen mechanischen Vorgängen der Konvektion oder Durchmischung beeinflusst; nur eine sehr abgeschwächte Wärmewelle scheint aus den höheren Schichten in diese abgeschlossenen Tiefen hinab vorzudringen. Die Zusammensetzung der in diesen Tiefengewässern enthaltenen absorbierten Luft zeigt, dass sie lange von jeder Berührung mit der Atmosphäre abgeschlossen gewesen sind. Für die Gotlandtiefe ergaben Pettersson's Gasanalysen, dass in 200 *m* der Sauerstoffgehalt der im Wasser absorbierten Luft auf 6.9 % (statt mehr als 30 %) gesunken ist, während der Kohlensäuregehalt übergross ist: 41.2 *ccm* im *l*, statt 30—32 im Oberflächenwasser. Wodurch ist dieses Defizit an Sauerstoff entstanden? O. Pettersson will sich nicht positiv entscheiden, ob hier ein Verbrauch durch die Atmung der Tiere vorliege oder die von Jacobsen lange vermutete und kürzlich von Murray und Irvine bewiesene Reaktion des Bodenschlammes auf das benachbarte Seewasser. Er ist jedoch mehr geneigt, in den Organismen die eigentliche Ursache zu sehen, da erstens die Kohlensäure in demselben

Grade zugenommen wie der Sauerstoff abgenommen hat, und zweitens das Bodenwasser hier keine Spur von Schwefelwasserstoff enthält, wie er sich in dem gänzlich stagnierenden und niemals durch erneuerte Zufuhr aufgefrischten Bodenwasser des Schwarzen Meeres findet. Es ist wahrscheinlicher, dass hier die Unterströmung nur in Perioden von langer Dauer Zutritt findet, und der gegenwärtige Zustand nur eine Phase einer solchen Periode bildet, wo seit 1877 jede Zufuhr ausgeblieben ist, aber bei günstiger Gelegenheit jeden Tag erfolgen könnte, wie wir das Wasser in der Tiefe östlich von Bornholm sich in der That haben erneuern sehen in der Zeit vom November 1893 bis Juli 1894«.

Die Ostsee und ihre Entstehung bildete den Gegenstand eines Vortrages in der 67. allgemeinen Versammlung der Deutschen Naturforscher und Ärzte von Prof. Rudolf Credner[1]).

»Die Ostsee erfüllt als ein echtes Binnenmeer mit ihren schwach salzigen Gewässern die tiefst gelegenen, unter das Meeresniveau hinabreichenden Partien des grossen nordeuropäischen Flachlandbeckens zwischen dem skandinavischen Hochgebirge im Norden, den Karpathen und der mitteldeutschen Gebirgsschwelle im Süden. Wie ein Blick auf die Tiefenkarte erkennen lässt, stellt diese Depression kein einheitlich gestaltetes, einziges grosses Becken dar, setzt sich vielmehr aus einer Anzahl, durch unterseeische Erhebungen voneinander getrennter, in ihrer Gesamtheit reihenförmig angeordneter Einzelsenken von teils mulden-, teils kessel-, teils rinnenförmiger Gestalt zusammen, aus Hohlformen also, wie sie auch in der Umgebung der Ostsee, namentlich im Bereiche der grossen schwedischen und finnischen Seen, in den Becken des Wener-, Wetter- und Mälarsees, sowie in denjenigen des Onega- und Ladogasees, wiederkehren, deren Boden ebenfalls beträchtlich, (beim Ladogasee 370 *m*) unter den Meeresspiegel hinabreicht, bis zu einer Tiefe, welche in der Ostsee selbst nur an einer einzigen Stelle erreicht wird. Während aber diese Depressionen in der Umgebung der Ostsee durch über den Meeresspiegel aufragende Landstriche nach allen Seiten abgeschlossen und voneinander sowohl wie von dem Meere getrennt sind, infolge dessen selbständige Binnenseen darstellen, bilden diejenigen auf dem Boden des Ostseebeckens einen einheitlichen, einem mächtigen Graben gleichenden, langgestreckten Zug, innerhalb welches auch die die einzelnen Senken voneinander und von der Nordsee trennenden Schwellen unter dem Meeresniveau gelegen und infolgedessen mitsamt den Senken von einer zusammenhängenden, mit dem Meere kommunizierenden Wasserfläche bedeckt sind. Im äussersten Norden nimmt diese Reihe submariner Depressionen des skandinavisch-baltischen Bodens fast unter dem Polarkreise ihren Anfang in dem Bottnischen Meerbusen, einem fast vollkommen selbständigen, bis 270 *m* tiefen Becken, welches von der im Süden angrenzenden »eigentlichen Ostsee« durch einen nur 38 *m* tiefen Rücken südlich der Alandsinseln scharf abgegrenzt ist. Durch die inselgekrönten Schwellen im Bereiche der Nord- und Südquarken zerfällt dieses Hauptbecken wieder in mehrere sekundäre Senken: die Bottenvik im äussersten Norden, das Bottenmeer bis zu der Enge der Südquarken und endlich, und zwar gerade an der schmalsten Stelle zwischen der schwedischen Küste und den Alandsinseln, das Alandsmeer, eine steil umrandete kesselförmige Depression von 200 bis 250 *m* Tiefe. Nur lokal durch die die Ostsee durchquerenden grabenartigen Einschnitte des finnischen Meerbusens und des Mälarbeckens unterbrochen,

[1]) Verhdlg. d. Ges. deutsch. Naturf. und Ärzte 1895. Allgemeiner Teil Separatabdruck.

setzt die sich im Bereiche des Bottnischen Meerbusens überall hervortretende Nordsüdrichtung jenseits der Alandsinseln in dem geräumigen Tiefbecken der hier beginnenden eigentlichen Ostsee weit nach Süden fort, besonders scharf ausgeprägt in den beiden muldenförmigen Rinnen, in welche sich dieses Becken beiderseits der Inseln Gotska Sandoe und Gotland gabelt, in der west- und ostgotländischen Mulde. Wie die Senken des Bottnischen Meerbusens, so weist auch diejenige der eigentlichen Ostsee eine Reihe sekundärer Vertiefungen auf, deren eine, das ostgotländische Tief, 249, eine zweite, das Landsort Tief im Norden der westgotländischen Rinne, 427 *m*, die Maximaltiefe der ganzen Ostsee, erreicht. Tiefen von mehr als 100 *m* finden sich weiter nach Süden und Westen zu nur noch im Bereiche der Danziger Bucht und östlich von Bornholm vor, von da aus verflacht sich der Boden mehr und mehr, lässt aber auch hier noch bis in die Gegend nördlich von Rügen in einer Reihe isolierter beckenförmiger Einsenkungen Anklänge an die die östlichen und nördlichen Teile des Ostseebeckens beherrschende charakteristische Gliederung des Bodenreliefs erkennen. Die Inseln Rügen, Möen und Seeland, die nur 18 *m* tiefe Darsser Schwelle zwischen Rügen, Darsser Ort und Falster, eine den südlichen Ausgang des Öresundes durchquerende, nur 7 — 8 *m* tiefe Barre endlich bilden die natürliche Grenze der eigentlichen Ostsee, jenseits derselben beginnt der von Otto Krümmel treffend als »Beltsee« bezeichnete letzte und gleichzeitig flachste, nur stellenweise über 30 *m* tiefe Abschnitt des Binnenmeeres, und greift gleichzeitig eine durchaus anders geartete Gestaltungsweise des Meeresbodens Platz. Statt der beckenförmigen Einzelsenken der übrigen Teile der Ostsee bilden hier flussartig gewundene, steilwandige Rinnen in auffallend häufiger Wiederkehr — im Strelasunde zwischen Rügen und dem Festlande, in den Meeresstrassen zwischen Möen, Falster und Seeland, im Alsen- und Fehmarnbelte, sowie im grossen und kleinen Belte — den charakteristischen Zug des Bodenreliefs. Mit einer auch sonst äusserst unruhigen Gestaltungsweise steht im Einklange der Reichtum an Inseln, und zwar namentlich solcher, die wie Rügen und Seeland durch eindringende Meeresarme und Buchten äusserst mannigfaltig gegliedert sind und sich dadurch sowie ausserdem durch ihren Aufbau aus vorwiegend lockerem, lehmigem und sandigem Gesteinmateriale von den fast durchweg kompakter gestalteten, namentlich aber fast sämtlich aus festem Felse bestehenden grösseren Inseln der nördlichen Ostsee wesentlich unterscheiden.

Geologisch gehört das Ostseebecken zwei, ihrem Aufbaue und ihrer Bildungsgeschichte nach durchaus verschiedenen Gebieten des europäischen Festlandes an. Der gesamte Norden vom Kattegat bis zu den Gestaden des Eismeeres setzt sich fast ausschliesslich aus krystallinischen Urgesteinen, aus Granit, Gneis und verwandten Gesteinen zusammen und repräsentiert einen den ältesten Zeiten der Erdgeschichte entstammenden Teil Europas. Seit paläozoischen Zeiten bereits als Festland über dem Meere aufragend, hat dieser »baltische Schild«, wie Eduard Suess dieses Gebiet seiner eigenartigen Oberflächengestalt wegen bezeichnet hat, seitdem eine erhebliche Abtragung erfahren. Die dasselbe ehemals bedeckende Schichtenreihe von Silur- und Devongesteinen ist bis auf wenige geschützt gelegene Partien zerstört und hinweggeführt, das krystallinische Grundgebirge dadurch wieder freigelegt worden. Nur an den Rändern, in der Landschaft Blekinge, auf Öland, Gotland und in den russischen Ostseeprovinzen ist jene paläozoische Decke erhalten geblieben und umsäumt hier mit steilem Denudationsrande, dem Glint, die schildförmige archäische Tafel. Wesentlich anders der südliche Teil des baltischen Beckens: jüngere, mesozoische und tertiäre Sedimente, Kalksteine, Mergel, Sandsteine, Schiefer und Thone setzen hier, und zwar in Schonen und auf Bornholm neben archäischen und paläozoischen Gesteinen, weiter im Süden und Westen im Bereiche der Beltsee und des Baltischen Landrückens ausschliesslich, das Grundgebirge zusammen. Im Gegensatze zu dem uralten Festlandsgebiete des baltischen Schildes und seines paläozoischen Randes stellt somit der südliche Teil des Ostseebeckens

ein wesentlich jüngeres Stück unseres Kontinentes dar, in welchem, wie die Lagerungsverhältnisse und die Aufeinanderfolge der Gesteinsschichten beweisen, noch in mesozoischen und tertiären Zeiten Transgressionen des Meeres von bald grösserer, bald geringeren Ausdehnung mit Festlandsperioden abgewechselt haben.

Grössere Einheitlichkeit der Entwickelungsgeschichte des ganzen Ostseegebietes, der geologischen Vorgänge also, von welchen dasselbe betroffen worden ist, bekunden erst die jüngsten Ablagerungen desselben: Gesteinsbildungen quartären Alters und dem entsprechend von meist lockerer Beschaffenheit und Struktur, Lehme, Mergel, Thone, Sande und Kiese, welche decken- und mantelförmig dem älteren Grundgebirge aufgelagert sind.

Dieses quartäre Deckgebirge setzt sich im Bereiche des baltischen Beckens aus zwei genetisch wesentlich voneinander verschiedenen Gesteinsbildungen zusammen. Die eine Gruppe derselben umfasst hauptsächlich lehmige und sandige Gebilde von durchaus massiger, ordnungsloser Struktur. Hauptvertreter dieser Gruppe ist der Geschiebemergel oder Blocklehm, bestehend aus einer feinkörnigen Grundmasse, welche durchspickt ist von zahllosen Splittern und Bruchstücken von Gesteinen durchweg nordischer Abstammung und erfüllt und vielfach an der Oberfläche bedeckt von einem Haufwerke von Blöcken von kleinen bis zu den gewaltigsten Dimensionen. Diese Geschiebemergel stellten die Grundmoränen vorzeitlicher Gletscher und Inlandeisdecken dar, welche sich während der ersten Abschnitte der Quartärzeit, bedingt durch den Eintritt eines feuchteren und kühleren Klimas, von dem skandinavischen Hochgebirge aus über grosse Teile des nördlichen und nordöstlichen Europas ausgebreitet haben. Durch das Vorkommen mehrerer solcher Grundmoränenbänke über einander, getrennt voneinander durch nichtglaziale, geschichtete Ablagerungen, ist der Nachweis geliefert, dass diese skandinavische Vergletscherung eine mehrmals wiederholte gewesen ist, dass Glazialzeiten, Perioden also der Entwickelung mächtiger Eisströme und Inlandeisdecken, mit Interglazialzeiten, Perioden, während welcher die Eismassen zum Abschmelzen gelangt sind, mehrfach abgewechselt haben.

Für das baltische Becken insbesondere ist durch die Durchforschung dieser Glazialablagerungen festgestellt, dass dasselbe zweimalig in seiner ganzen Ausdehnung und weit über seine Grenzen hinaus, ähnlich wie gegenwärtig das Innere Grönlands, von Hunderte von Metern mächtigen, sich radial aus dem Inneren Skandinaviens nach allen Seiten ausbreitenden Decken von Inlandeis überströmt gewesen ist, dass sich ausserdem in ebenfalls zweimaliger Wiederholung gewaltige Eisströme, sei es in Verbindung mit jenen Inlandeisausbreitungen als deren schwächere Anfangs- oder Endstadien, sei es selbständig und von jenen getrennt durch eisfreie Interglazialzeiten, aus dem skandinavischen Norden in das baltische Becken vorgeschoben und dasselbe in Gestalt riesiger Gletscher bis an seinen Rand, bis in die Gegend des heutigen baltischen Landrückens erfüllt haben.

Aus der zweiten Gruppe der Gesteinsbildungen des baltischen Deckgebirges, vorwiegend Sanden, Kiesen und Thonen, welche im Gegensatze zu dem wirr durch einander gemengten Moränenschutte der Geschiebemergel eine deutliche Schichtung, eine Sonderung des Materials nach Schwere und Grösse zu erkennen geben und sich dadurch als im Wasser abgelagerte Sedimente charakterisieren, besitzen besonders diejenigen Wichtigkeit, welche, wie die in ihnen enthaltenen tierischen und pflanzlichen Reste beweisen, die Absätze früherer, sei es in den Interglazialzeiten, sei es nach endgültigem Rückzuge der Eismassen, in der Postglazialzeit das Ostseebecken erfüllender Wasserbedeckungen darstellen.

Wie jede komplizierte Form der Erdoberfläche, so ist auch das Ostseebecken nicht das Ergebnis eines einmaligen Entstehungsaktes, sondern einer langen Entwickelungsgeschichte, einer grossen Zahl von Einzelvorgängen verschiedenster Art. Als wichtigste Vorgänge, welche für die Herausbildung des Ostseebeckens grundlegend waren, erkennen wir solche tekto-

nischer Natur, Bewegungen und Verschiebungen also von Teilen der Erdkruste gegen einander, verursacht durch die fortdauernde Abkühlung und Kontraktion der Kernmasse der Erde und die dadurch in den äusseren Partien der Erdrinde erzeugten Spannungen. Dass solche Krustenverschiebungen im Bereiche des Ostseebeckens stattgefunden haben, lassen die beträchtlichen Niveaudifferenzen vermuten, welche sich in der Höhenlage der Grundgebirgsoberfläche inmitten desselben geltend machen. Dieselbe weisse Schreibkreide, welche im Inneren Rügens 160, in dem mächtigen Felskegel des Königstuhls 122, auf der Insel Möen etwa 150 *m* hoch aufragt, liegt rings im Umkreise dieser Inseln beträchtlich, in unmittelbarer Nähe Rügens 30—40 *m* unter dem Ostseeniveau. Ganz ähnliche Niveaudifferenzen herrschen in den umrandenden Teilen des Beckens. Das baltische Gebiet stellt dieser Auffassung nach eine Schollengebirgslandschaft dar, deren Unebenheiten, deren Aufragungen und Vertiefungen Einbrüchen und Absenkungen grösserer oder kleinerer Schollenkomplexe zwischen stehengebliebenen oder emporgepressten Horsten ihre Entstehung verdanken.

Allerdings ist der unmittelbare Nachweis dieses tektonischen Baues in dem weitaus grössten Teile des Ostseebeckens infolge der Bedeckung des Grundgebirges durch das Wasser oder aber durch quartäre Ablagerungen unmöglich gemacht. Um so grösser aber ist in der Umrandung des Beckens und auf dessen Inseln die Zahl der Aufschlüsse, an denen sich der herrschende Schollengebirgsbau auf das sicherste verfolgen lässt. Auf schwedischer Seite ist zunächst der Bau der Landschaft Schonen durch eine Reihe von Grabenbrüchen zwischen rückenförmigen Horsten beherrscht. Spaltenbildungen und Verwerfungen sind ferner in den Landschaften Blekinge, Småland, Söder- und Westmansland, im Bereiche ferner der Alandsinseln sowie des Finnischen Meerbusens in grosser Zahl nachgewiesen. Der langgestreckte, mit seiner Sohle beträchtlich unter den Meeresspiegel hinabreichende Wettersee repräsentiert einen typischen Grabenbruch. Förmliche Schwärme verschieden orientierter Dislokationen sind ferner durch Puggard bereits in den fünfziger Jahren von der Insel Möen bekannt geworden. In nicht minder grosser Zahl und verknüpft mit den verschiedensten Formen von Einbrüchen beherrschen solche, wie neuerdings nachgewiesen, den äusserst gestörten Bau der Kreidefelsen von Rügen, und kehren dieselben inmitten der Kreide- und Juraaufragungen der Gegend der Odermündungen und weiter im Norden auf der Insel Bornholm wieder. Im Baltischen Landrücken endlich weisen an zahlreichen Stellen, in Mecklenburg, am Durchbruchsthale der Oder und im Samlande die Grundgebirgskerne beträchtliche und tiefgreifende Schichtenstörungen auf. Wie die Grundgebirgsaufragungen inmitten des Ostseebeckens, die Alandsinseln, Bornholm, die Kreideklippen von Jasmund, Arkona, von Möen und Seeland, die Juravorkommen von Wollin, so stellen auch die in vielen Fällen ähnlich isoliert und riffartig am Rande des Beckens auftretenden und über das Meeresniveau aufragenden Grundgebirgskerne des baltischen Landrückens Horste eines Schollengebirges dar, stellt anderseits dieses Becken selbst eine bis unter das Meeresniveau abgesunkene Zone von Einbrüchen verschiedenen Betrages dar, so dass infolgedessen Tiefbecken und Schwellen miteinander abwechseln und dem Bodenrelief den ihm eigenen mannigfaltigen Charakter verleihen. Eine gewichtige Stütze erhält diese Auffassung der Depressionen des Ostseebeckens dadurch, dass sich der Zusammenhang randlicher Partien desselben mit landeinwärts sich fortsetzenden Dislokationen an mehreren Stellen deutlich nachweisen lässt. So stellt die tief in die Landschaft Schonen eingreifende Skelder Vik den unter das Meeresniveau abgesunkenen nordwestlichen Teil eines weit in das Innere Schonens verfolgbaren Grabenbruches zwischen den Horsten des Kullen und Halandås dar. Die Tromper Wiek auf Rügen breitet sich über ein Bruchfeld des Kreidegebirges zwischen den Horsten von Arkona und Jasmund aus. Die Oderbucht wiederum fällt, wie kürzlich W. Deecke gezeigt hat, genau in die Fortsetzung einerseits der grossen Småländischen Verwerfungszone, anderseits des grabenförmigen

Einbruches zwischen den Inseln Usedom und Wollin, während herzynische streichende Dislokationen den Bau der Grundgebirgskerne ihrer westlichen, solche erzgebirgischer Streichrichtung denjenigen ihrer östlichen Flanken, dort in Mecklenburg und Vorpommern, hier in Hinterpommern beherrschen. Der Finnische Meerbusen endlich und der Mälarsee erfüllen die tiefst abgesunkenen Partien einer die Depressionszone der Ostsee quer durchsetzenden Grabenverwerfung.

Es wiederholten sich in dem Grundgebirgsbaue des baltischen Gebietes ganz ähnliche tektonische Züge, wie sie die mitteldeutsche Gebirgsschwelle, insbesondere die nordwestlichen Teile desselben, die Berglandschaften Hessens und der Wesergegend mit ihren ausnahmslos durch Brüche, Verwerfungen und Schollenverschiebungen erzeugten Höhenzügen und Senken beherrschen.

Ebenso aber wie in den letztgenannten Gebieten, so ist auch hier im Bereiche des baltischen Beckens durch die tektonischen Vorgänge nur die Grundlage des Bodenreliefs geschaffen, und ist hier wie dort die weitere Ausgestaltung desselben zu der heutigen Erscheinungsweise das Werk anderer, und zwar von aussen wirkender, exogener Vorgänge gewesen. Während diese aber im Bereiche der mitteldeutschen Gebirgsschwelle im wesentlichen nur in einer Abtragung und Modellierung durch die Einwirkungen der Atmosphärilien und des fliessenden Wassers bestanden haben, bildete das baltische Schollengebirge den Schauplatz der umgestaltenden Thätigkeit eines ungleich mächtigeren Agens, desjenigen nämlich der glazialzeitlichen Eismassen, und ist infolgedessen hier die Umformung des tektonisch erzeugten Bodenreliefs ungleich tiefgreifender und nachhaltiger gewesen, als es in jenen von diesem Agens unberührt gebliebenen Gebieten der Fall war.

Von den Veränderungen, welche diese Eisausbreitungen zumal durch ihr mehrfach wiederholtes Eintreten an der Oberfläche des skandinavisch-baltischen Gebietes herbeigeführt haben, vermögen wir uns eine ungefähre Vorstellung zu machen, wenn wir uns vergegenwärtigen, dass alle die Massen von Mergeln, Thonen, Sanden und Kiesen, welche in dem gesamten norddeutschen Flachlande bis zur Rheinmündung, bis zum Rande des mitteldeutschen Gebirgsrandes und weiter bis in die Gegend von Kiew im Inneren Russlands den Boden zusammensetzen, und zwar in einer Mächtigkeit von durchschnittlich etwa 50, stellenweise aber in einer solchen von 150, ja über 200 *m*, — dass ferner alle die zahllosen, an der Oberfläche dieses weiten Gebietes zerstreuten, zum Teile riesigen erratischen Blöcke, — dass endlich das gesamte Schuttmaterial des von Littauen bis nach Jütland die Ostsee umsäumenden, im Turmberge bei Danzig 331 *m* hohen baltischen Landrückens — dass dies gesamte ungeheuere Gesteinsmaterial nordischen Ursprungs und durch die vorrückenden Eismassen der Oberfläche der skandinavisch-baltischen Länderräume entführt worden ist.

»Zerstörung, Abtragung und Fortführung von Gesteinsmaterial des Felsuntergrundes bildet aber nur die eine Form der Wirksamkeit des vorrückenden Gletschereises, die zweite ist diejenige der Wiederablagerung dieses Materials, die Akkumulation, und diese ist für die Herausbildung des Ostseebeckens von nicht geringerer Bedeutung als jene Erosion gewesen. Als das augenfälligste Ergebnis dieser ablagernden Thätigkeit des Eises tritt uns der den Abschluss des Ostseebeckens von Littauen bis nach Jütland hin bildende baltische Landrücken entgegen. Besteht auch der Kern dieses Landrückens an zahlreichen Stellen aus Aufragungen des dortigen Grundgebirges, ist auch sein Verlauf und seine Erstreckung somit in dem tektonischen Baue des letzteren begründet, so setzt sich derselbe doch seiner Hauptmasse nach aus nordischem Schuttmateriale, aus Ablagerungen der eiszeitlichen Gletscher und ihrer Schmelzwasser zusammen.«

»Wie in jedem Vergletscherungsgebiete sowohl der Gegenwart wie der Glazialzeit, so lassen sich auch in dem baltischen zwei in dieser Hinsicht wesentlich voneinander verschiedene Abschnitte unterscheiden: die

zentralen Regionen als Gebiete vorherrschender Erosion, die peripherischen Teile als Gebiete vorherrschender Akkumulation. Entsprechend der Lage des Ausgangspunktes der eiszeitlichen Vergletscherungen im Norden des skandinavischen Hochlandes, gehört der gesamte Bottnische Meerbusen mitsamt dem grössten Teile der eigentlichen Ostsee den zentralen Regionen, also dem Erosionsgebiete an, entfällt dagegen der südliche Teil der eigentlichen Ostsee, vor allem aber die Beltsee und das südbaltische Littoral in die aus jener in allmählichem Übergange hervorgehende peripherische Zone insbesondere der für die Ausgestaltung des Bodens Ausschlag gebenden letzten Eisausbreitung. Auf diesen Umstand hauptsächlich gründet sich der auffällige Unterschied, welcher sich in dem Bodenrelief dieser beiden Teile des Gesamtbeckens zu erkennen giebt.

Nicht nur in diesen Hauptzügen der Gestaltungsweise des Ostseebeckens, auch in zahlreichen Einzelheiten, vor allem in Richtung, Verlauf und Gliederung der Küsten spiegelt sich die Einwirkung der an der Herausbildung des Beckens beteiligten Agenzien, an der einen Stelle der tektonischen, an anderen der glazialen, deutlich wieder. Die die schwedischen und finnischen Küsten von Karlskrona bis nach Kronstadt umsäumenden Schären, die zwischen diesem Insel- und Klippengewirre tief in das Land einschneidenden Fjärden, die Föhrden Schleswig-Holsteins, die Bodden der mecklenburgisch-neuvorpommerschen Küste sind sämtlich glazialer Entstehung, Erzeugnisse, sei es, wie namentlich die Schären, der Erosion, sei es, wie die Bodden, der ungleichmässigen Akkumulation. In den Buchten und Vorsprüngen Schonens anderseits, in den auffälligen Knicken der deutschen Küste in der Danziger und Oderbucht, in dem Verlaufe der Steilküsten Jasmunds auf Rügen, in der auffällig rhombischen Gestalt der Insel Bornholm — überall spiegelt sich der Einfluss der tektonischen Vorgänge wieder.

Die Ostsee in ihrer gegenwärtigen Ausdehnung und Beschaffenheit ist eine äusserst jugendliche Schöpfung. Ihr Bestand als dauernde Wasserbedeckung des skandinavisch-baltischen Beckens reicht nicht weiter als bis in die Schlussabschnitte der Glazialzeit zurück.

Alle die für die heutige Erscheinungsweise des Ostseebeckens so belangreichen glazialen Umgestaltungen des Bodenreliefs, welche sich an das Vorhandensein und die Lage dieser Horste knüpfen, die einseitige Anlagerung jüngeren Schuttlandes an dieselben, die letzte, besonders massenhafte Anhäufung von Glazialmaterial im Bereiche jener randlichen Aufragungen, sind erst eine Schöpfung der letzten Vereisung. Ihre Erosions- und Akkumulationswirkungen erst sind es gewesen, welche, weil durch keine spätere Eisausbreitung wieder zerstört und verwischt, unserem Becken auch abseits jener Horste seine endgültige Gestaltung verliehen haben.

Erst mit dem Rückzuge dieses letzten Eisstromes waren nach alledem die Bedingungen geschaffen, unter welchen eine dauernde Wasserbedeckung des von den Eismassen geräumten Bodens erfolgen konnte, erst aus dieser jugendlichen Zeit datiert somit das Alter des heutigen Ostseebeckens.

Aber keineswegs bildete sich nun die Ostsee selbst so, wie wir sie kennen, heraus, vielmehr musste sie erst mehrere Vorstufen durchlaufen. Zuerst sammelte sich ein Eismeer mit hochnordischer Tierwelt an. Dieses Eismeer reichte südlich nur bis Schonen und Bornholm; es war aber mit dem Skagerrack und dadurch mit der Nordsee verbunden, und zwar bestand die Verbindung an der Stelle, wo jetzt Wener- und Wettersee liegen. Die Verbindung war durch eine Senkung des skandinavischen Festlandes ermöglicht worden, die in Ingermanland 270 *m* betragen haben muss. Der Senkung folgte eine Hebung desselben Landes, und damit eine Abschnürung des Ostseebeckens von der Nordsee. Wener- und Wettersee trennten sich von Nord- und Ostsee; es blieb aber in ihnen eine Reliktenfauna zurück, eine kleine Zahl von Arten, die sich, trotzdem aus dem Salzwasser nun Süsswasser wurde, doch lebend bis jetzt erhalten hat. Die

Abtrennung von der salzigen Nordsee hatte eine Aussüssung der Ostsee zur Folge, ferner eine Hebung ihres Wasserstandes, die zu der Überflutung des bis dahin trocken liegenden Ufergeländes zwischen Schweden, Dänemark und den westlichen deutschen Küsten führte. Das Ostseewasser suchte einen Ausweg durch die jetzigen Wasserstrassen Belt und Sund. Die Hebung wurde indes von einer neuen Senkung abgelöst, und damit gewann wieder Nordseewasser Eintritt in die Ostsee, allerdings nur durch jene Strassen, da die Senkung Ingermanlands diesmal nur 100 *m* betrug. Es entstand ein Brakwasser, salziger als das jetzige Ostseewasser. Dies Brakwasser breitete sich bis zum äussersten Teile des Bottnischen Meerbusens aus, wie die dort gefundenen fossilen Litorinaarten zeigen, deren lebende Nachkommen nur noch in dem salzreicheren Beltsee zu finden sind. Eine abermalige Hebung des skandinavischen Festlandes führte endlich zur gegenwärtigen Gestaltung der Dinge. Abermals begann eine Aussüssung des Brakwasserbeckens durch die einströmenden Flüsse, und allmählich sank der Salzgehalt bis auf die heutige Höhe (zwischen Möen und Bornholm acht, weiter östlich um sieben Tausendstel). Nur in den unteren Schichten der Tiefbecken blieb der Salzgehalt wegen der grösseren Schwere dieses Wassers, das aus den Kesseln nicht herauskonnte, höher. Ebenso bildeten sich die heutigen Umrisse der Ostsee heraus, und es siedelte sich die heutige Tierwelt, namentlich Lymnaea und Alga avenaria an. Aber ein Abschluss ist noch nicht erreicht, das gegenwärtige Bild der Ostsee ist auch nur ein Augenblicksbild. Die Hebung Skandinaviens dauert fort, wogegen die deutsche Küste ihre Höhenlage innehält. Nur Abspülung und Anschwemmung verändert die Gestalt dieser Küste. Die Landzerstörung bekundet sich durch Steinriffe, Untiefen und Steiluferbildung, der Landaufbau durch Haken, Nehrungen, Dünen, Moorbildungen, Flussanschwemmungen und Deltas. Abzuwarten bleibt, ob der Kaiser-Wilhelm-Kanal irgend welchen Einfluss auf die natürlichen Verhältnisse der Ostsee äussern wird.«

Forschungen im Marmarameere auf dem Dampfer Selanik im Jahre 1894. Die merkwürdige Thatsache, dass im Schwarzen Meere in grösseren Tiefen erhebliche Mengen von Schwefelwasserstoff vorkommen [1]), während im Mittelmeere ein solches Vorkommen nirgendwo nachgewiesen ist, veranlasste die russische geographische Gesellschaft, eine bezügliche Untersuchung des Marmarameeres ins Auge zu fassen. Es gelang, für das Unternehmen das Interesse des Sultans zu erregen, der die Erlaubnis dazu erteilte und den Dampfer »Selanik« zur Verfügung stellte [2]). Die Fahrt der Expedition dauerte vom 7. September bis zum 11. Oktober; während dieser Zeit wurden an 61 Punkten des Marmarameeres Beobachtungen angestellt. Der Endpunkt lag am Ausgange ins Mittelmeer. Die Hauptresultate der Untersuchungen lassen sich in Folgendem zusammenfassen:

Der Boden des Marmarameeres weist drei Kessel auf, welche annähernd auf einem Parallelkreise liegen; von ihnen ist der westliche und mittlere über 600 Faden (1080 *m*), der östliche aber an zwei Stellen über 700 Faden (1360 *m*) tief. Die grösste gemessene Tiefe ist 767 Faden (1404 *m*). Der östliche Kessel fällt zusammen

---

[1]) Vgl. Klein, Jahrbuch 3. p. 264. 4. p. 195.

[2]) Annalen der Hydrographie 1895. p. 314, woselbst der oben folgende Text nach dem russischen Originale.

mit dem Mittelpunkte des Erdbebens, welches am 10. Juli in Konstantinopel auftrat, und nach den Untersuchungen von Eginitis die grösste Ausbreitung von allen bekannten Erdbeben der letzten Jahre hatte. Unsere Lotungen deuten anscheinend auf eine Vergrösserung der Wassertiefen in diesem Gebiete. Ein solches Zusammentreffen legt den Gedanken nahe, dass das Erdbeben vom Juli durch eine Senkung des Meeresbodens infolge von inneren Höhlungen oder Zusammenziehung der Erdkruste entstanden sein könne. Sollten in Zukunft genauere Tiefenmessungen in der erwähnten Gegend die Zunahme der Tiefen sicher feststellen, so würde dieses der erste thatsächliche Nachweis einer Senkung des Meeresbodens in historischer Zeit sein. Dass das Erdbeben von Konstantinopel nicht vulkanischen Ursprungs war, zeigen die Beobachtungen der Expedition über den Schlamm in grossen Tiefen; nirgends wurden Spuren vulkanischer Produkte gefunden.

In bezug auf seine chemisch-physikalische Natur zeigt sich das Marmarameer dem Mittelmeere verwandt, und nur seine Oberflächenschicht giebt Anzeichen ihres Ursprungs aus dem Schwarzen Meere. Der bedeutende Unterschied im Salzgehalte des Schwarzen und des Mittelländischen Meeres ruft eine zwiefache Bewegung des Wassers im Marmarameere hervor. In der Tiefe fliesst das salzigere Wasser des Mittelmeeres zum Schwarzen Meere, an der Oberfläche bewegt sich das ausgesüsste und darum leichtere Wasser in der entgegengesetzten Richtung. Im Bosporus und den Dardanellen verstärkt sich diese Bewegung zu einer sehr merkbaren doppelten Strömung; an der Oberfläche erreicht ihre Geschwindigkeit zwei Knoten und mehr, in der Tiefe etwas mehr als einen Knoten. Die Grenze der Strömungen geht im Zickzack durch das ganze Marmarameer auf der Tiefe von sieben bis zwölf Faden (12 bis 22 *m*). Das ganze Becken des Marmarameeres ist von einer Tiefe von 15 Faden (27 *m*) an mit Wasser vom Salzgehalte des Mittelmeeres (ca. 3.8 %) gefüllt, während sein Oberflächenwasser nicht viel mehr Salz enthält als das Schwarze Meer (etwa 2.4 %). Die Temperatur des Wassers war an der Oberfläche 19.6° C. mit Abweichungen von nicht mehr als ± 1.4°, um 0.7° C. höher als die Temperatur der Luft. Bis zur Tiefe von 12 bis 22 *m* ist fast keine Änderung der Temperatur des Wassers zu bemerken, weiterhin sinkt sie plötzlich auf etwa 17° C., und von 27 *m* Tiefe an folgt eine langsame Abnahme; in 180 *m* Tiefe ist sie etwa 14.5° C., von 360 *m* an beträgt sie bis zum Boden gleichmässig 14.2° C.

Die durchgehende Strömung im Marmarameere befördert die vertikale Zirkulation, und indem sie die Stagnation des Wassers in der Tiefe verhindert, bringt sie in dieselbe genügende Mengen Sauerstoff zur Oxydation der Gärungsprodukte; daher trifft man in allen Tiefen des Marmarameeres, wie die Untersuchungen der Expedition gezeigt haben, nirgends Schwefelwasserstoff an, und ist das organische Leben hier, wenn auch nicht so reich wie im Mittel-

meere, doch überall vorhanden, selbst in den grössten Tiefen. Vertreter der Tiefenfauna sind hier vorwiegend Crustaceen und Schwämme, in seltenen Fällen wurden Tiefseefische angetroffen.

Tiefseeforschungen im Marmarameere. Auf Grund der Beobachtungen, welche das österreichische Kriegsschiff »Taurus« im Marmarameere ausgeführt, hat Dr. Konrad Natterer eine Untersuchung über das Wasser dieses Meeres angestellt, deren Ergebnisse der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien vorgelegt wurden [1]).

Es war bekannt, dass durch die beiden Meerengen, zwischen welchen das Marmarameer liegt, nicht bloss Wasser aus dem Schwarzen Meere in das Marmarameer, beziehungsweise in das Ägäische Meer fliesst, sondern auch — als Unterströmungen — Wasser aus dem Ägäischen Meere in das Marmarameer, beziehungsweise in das Schwarze Meer. Man wusste, dass der Salzgehalt des Wassers, welches durch den Bosporus in das Marmarameer gelangt, nur halb so gross ist als der Salzgehalt jenes Wassers, welches durch die Dardanellen in dasselbe Meer gelangt. Ferner, dass das Wasser der Unterströmung des Bosporus fast ebenso zahlreich ist, als das Wasser der Unterströmung der Dardanellen, und dass das Wasser der Oberströmung der Dardanellen nur wenig zahlreicher ist, als das Wasser der Oberströmung des Bosporus.

Es hatte also den Anschein, als ob sich das salzarme Wasser, welches durch den Bosporus in das Marmarameer kommt, im Marmarameere oberflächlich ausbreiten würde, um dann, nur wenig zahlreicher geworden, durch die Dardanellen in das Ägäische Meer abzufliessen. Bei der Untersuchung des Marmarameeres handelte es sich in erster Linie um das Verhalten des Tiefenwassers unter dem zu erwartenden, durch das oben aufschwimmende salzarme Wasser bedingten Abschlusse von der Atmosphäre.

Es hat sich gezeigt, dass ein Abschluss des Tiefenwassers von der Atmosphäre nicht in dem Masse vorhanden ist, wie im Schwarzen Meere. Keine von den vielen in den Tiefen des Marmarameeres geschöpften Wasserproben enthielt Schwefelwasserstoff, keine von den vielen Grundproben (als grösste Tiefe wurden 1356 *m* gelotet) enthielt Schwefeleisen. Alle vorgenommenen, sich teils auf die seichten Meeresteile, teils auf das Gebiet der grössten Tiefen erstreckenden Dredschungen und Fischoperationen in Zwischentiefen ergaben positive Resultate. Die besten Ausbeuten an Tiefseetieren wurden in den mittleren Teilen des Gebietes der grössten Tiefen erhalten.

Die Hauptrolle bei den in den Meerestiefen vor sich gehenden chemischen Reaktionen schreibt Verf. den kleinen Pflanzen- und Tierleichen zu, welche aus den obersten, am meisten belebten Wasserschichten zu Boden sinken. In höherem Grade als im öst-

[1]) Sitzungsber. der math.-naturw. Kl. vom 10. Januar 1895. Nr. 1.

lichen Mittelmeere enthielten die im Marmarameere aus den verschiedensten Tiefen geschöpften Wasserproben weissliche, sich bald zu Boden setzende Flöckchen organischer Natur, anscheinend mehr oder weniger verweste Teile von Organismen. Anorganische Schwimmkörperchen (Gesteinsteilchen) wurden im Wasser des Marmarameeres ebensowenig beobachtet als in der Regel im Wasser des östlichen Mittelmeeres. Auf den grösseren Gehalt an organischen Schwimmkörperchen führt Verf. den Umstand zurück, dass die Durchsichtigkeit des Wassers der obersten Wasserschicht im Marmarameere nur halb so gross gefunden wurde, als in der Regel im östlichen Mittelmeere. Dabei ist zu bemerken, dass die Durchsichtigkeit der obersten Wasserschicht im östlichen und westlichen Teile des Marmarameeres gleich gering war, also nicht damit zusammenhängt, dass von Konstantinopel aus eine Verunreinigung des Marmarameeres stattfindet.

Die organischen Schwimmkörperchen setzen sich im Meere zu Boden. Es wird dies um so später geschehen, je mehr sie daran durch eine horizontale Bewegung der Wassermassen gehindert werden. Bei ihrer Verwesung beanspruchen sie fortwährend Sauerstoff. Die im Marmarameere beobachteten geringsten Sauerstoffgehalte waren etwas grösser als ein Drittel derjenigen Sauerstoffmenge, welche im Oberflächenwasser des östlichen Mittelmeeres während der Sommermonate gelöst ist. Ebensowenig als im Mittelmeere oder im Ozeane entsteht bei dem Sauerstoffverbrauche eine demselben auch nur annähernd äquivalente Kohlensäuremenge. Bei weitem der grösste Teil des Sauerstoffes dient zur Bildung von Zwischenprodukten der Oxydation. Und zwar sind die Zwischenprodukte der Oxydation und die sonstigen Zersetzungsprodukte der Pflanzen- und Tierleichen nur spurenweise im Wasser gelöst. Fast alles ist im Wasser noch nicht aufgelöst und in den organischen Schwimmkörperchen enthalten.

Immerhin zeigte es sich als eine Folge des erhöhten Sauerstoffverbrauches, dass im Marmarameere an vielen Stellen der tieferen und tiefsten Wasserschichten wegen der bei der Oxydation von organischen Substanzen entstandenen Kohlensäure die alkalische Reaktion etwas geringer ist, als im gewöhnlichen Meerwasser. Auf einer von den 44 Beobachtungsstationen fand sich in 1056 *m* Tiefe eine schwach saure, kohlensaure Reaktion des knapp über dem Meeresgrunde vorhandenen Wassers.

Bei gewöhnlichem, alkalisch reagierendem Meerwasser ist das Lösungsvermögen Gesteinsteilchen und Muschelschalen gegenüber nur gering. Verstärkt wird dieses Lösungsvermögen in dem Grade, als die alkalische Reaktion des Meerwassers einer kohlensauren Reaktion Platz macht. Die verringerte oder fehlende alkalische Reaktion des Wassers in Teilen der Tiefen des Marmarameeres bringt es offenbar mit sich, dass auf dem Grunde des Gebietes der grössten Tiefen dieses Meeres keine oder fast keine Muschelschalen

dem lehmartigen Schlamme beigemengt sind. Die zu Boden sinkenden kleinen Muschelschalen kommen entweder gar nicht bis an den Meeresgrund, weil sie vorher gelöst werden, oder sie unterliegen auf dem Meeresgrunde der Auflösung.

Eine Auflösung von Muschelschalen auf dem Meeresgrunde, sowie überhaupt das Vorsichgehen von Lösungserscheinungen auf dem Grunde des Marmarameeres wird noch durch folgendes gefördert. Die auf dem Grunde dieses Meeres zur Ablagerung kommenden organischen Schwimmkörperchen sind während ihres Zubodensinkens oder während ihres Vertragenwerdens durch Strömungen schon in hohem Grade der Oxydation unterlegen, und zwar ist dabei hauptsächlich der stickstoffhaltige, eiweissartige Teil der organischen Substanzen der Oxydation verfallen. Die Folge ist, dass sich dann auf dem Meeresgrunde bei der Oxydation des Restes der organischen Substanzen relativ geringe Mengen von Ammoniak bilden. In dem Masse als die Oxydation organischer Substanzen auf dem Grunde des Marmarameeres fortschreitet, entsteht wohl immerfort neue Kohlensäure, nicht aber, oder in viel geringerer Menge auch neues Ammoniak. Und gerade dieses Ammoniak könnte die lösende Kraft der entstehenden Kohlensäure schwächen oder in das Gegenteil, in eine Niederschläge durch chemische Fällung bewirkende Kraft umwandeln.

Schon im östlichen Mittelmeere, besonders im Ägäischen Meere, hatte es sich gezeigt, dass auf dem Meeresgrunde stellenweise keine Fällungen, sondern Lösungserscheinungen stattfinden. Das letztere scheint im Marmarameere die Regel zu sein. Von besonderer Bedeutung kann dies dort werden, wo der unterseeische Abfall der Küste sehr steil ist, wie es im Marmarameere an einigen Stellen zutrifft. Wenn durch sehr lange Zeit Lösungserscheinungen in den unteren Teilen des unterseeischen Abfalles stattgefunden haben, dann kann ein Abrutschen der oberen Teile des unterseeischen Abhanges eintreten. Es ist also möglich, dass durch die auf dem Meeresgrunde, besonders der tieferen Teile des Marmarameeres vor sich gehenden Lösungserscheinungen, sowie eventuell dadurch, dass bei unterseeischen Abrutschungen Schlamm aufgewühlt und dann durch Meeresströmungen aus dem Becken des Marmarameeres durch eine der beiden Meerengen entfernt wird, ganz langsam eine Vertiefung des Marmarameeres erfolgen wird und in früheren geologischen Zeiten erfolgt ist.

Die vom Verf. ausgeführten Bestimmungen der im Meerwasser enthaltenen salpetrigen Säure und des darin als Salz vorhandenen Broms sprechen dafür, dass ein sehr langes Verweilen von Wasser in den Tiefen des Marmarameeres in der Regel nicht stattfindet, dass sich vielmehr durch auf- und absteigende Strömungen, sowie im östlichen Mittelmeere, in einem für verschiedene Vorgänge mehr oder weniger ausreichenden Masse eine Erneuerung des Wassers vollzieht. Wichtig ist dies insofern, als dadurch die Wassermassen

der Tiefen nach und nach in die obersten, dem Sonnenlichte ausgesetzten Meeresschichten und zum Teile durch Vermischen mit dem im Marmarameere obenauf schwimmenden salzarmen Wasser bis an die Meeresoberfläche gelangen. Es kann also die in den Tiefen entstandene Kohlensäure bis zu einem gewissen Grade entweder in die Atmosphäre entweichen oder in den obersten Meeresschichten selber in pflanzlichen Organismen zur neuerlichen Bildung organischer Substanzen verwendet werden. Das besonders in den oberen Meeresschichten gebildete Ammoniak kann in die Atmosphäre übergehen. Zu einer Anhäufung von Ammoniak kann es nur auf und in dem Meeresgrunde kommen. Daraus, dass in den finsteren Meerestiefen bei der Verwesung von organischen Substanzen salpetrige Säure, wahrscheinlich durch Vermittelung von Mikroorganismen, entsteht, und dass dieselbe durch aufsteigende Strömungen in die obersten Meeresschichten geschafft wird, wo sie dem Pflanzenleben zu gute kommt, ergiebt sich, dass die Meerestiefen im Marmarameere sowohl als im Mittelmeere und als wahrscheinlich im ganzen Ozeane, gewissermassen düngend auf die obersten Meeresschichten wirken. Was bei dem durch die düngende Wirkung der Meerestiefen geförderten Pflanzenleben der obersten Meeresschichten an Sauerstoff und an Ammoniak entsteht, kommt zum Teile früher oder später dem Tier- und Pflanzenleben des Festlandes zu gute.

Im Marmarameere ist die unter 300 *m* beobachtete Temperatur etwas höher als die im Mittelländischen Meere unter 300 *m* herrschende. Ausserdem ist sie grösseren lokalen Schwankungen unterworfen als die letztere. Verf. erklärt dies in der Art, dass er (wegen des Durchfliessens fremder Wassermassen) eine besonders lebhafte, vorwiegend horizontal, stellenweise auf- und absteigend verlaufende, kreisende Bewegung des gesamten Wassers im Marmarameere annimmt, welche Bewegung nicht nur die Winterkälte, sondern auch, obzwar in geringerem Masse, die Sommerwärme der obersten Meeresschichten in die Tiefe führt. In anderen abgeschlossenen Meeren fällt hauptsächlich nur das im Winter kalt und schwer gewordene Oberflächenwasser hinab. Während sich in den Tiefen solcher anderer Meere die mittlere Wintertemperatur eingestellt hat, konnte in den Tiefen des Marmarameeres im Laufe der Zeit eine Temperatur zu stande kommen, welche sich der mittleren Jahrestemperatur der Gegend des Marmarameeres nähert.

Schon im Mittelmeere hatte den Verf. eine Reihe von chemischen Beobachtungen dazu veranlasst, eine kreisende, vorwiegend horizontal verlaufende Bewegung des gesamten Wassers als wahrscheinlich hinzustellen, welche Bewegung so wie die Bewegung des Oberflächenwassers an den Rändern des Mittelmeeres entgegengesetzt dem Sinne des Zeigers einer Uhr vor sich geht.

Es zeigte sich im Marmarameere, dass in dessen mittleren Teilen, besonders in den mittleren Teilen des Gebietes grösster Tiefen, Wasser der obersten salzarmen Meeresschicht stellenweise —

durch die kreisende, wirbelartige Bewegung des gesamten Wassers — dazu gebracht wird, in grosse Tiefen unterzutauchen. Und zwar scheint dieses Untertauchen einzelner Wassermassen striemen- oder streifenförmig und in Spirallinien zu erfolgen. Diese in den mittleren Teilen des Marmarameeres vorhandenen absteigenden Meeresströmungen bewirken es anscheinend, dass das durchschnittliche spezifische Gewicht des Wassers in der Meeresmitte von der Oberfläche bis zum Grunde geringer ist als an den Rändern des Meeres. Würde im Marmarameere ein hydrostatisches und nicht ein hydrodynamisches Gleichgewicht herrschen, so müsste das Niveau in der Meeresmitte beiläufig um 6 *m* höher stehen als an den Rändern des Meeres.

Die Erforschung der Meeresströmungen durch Flaschenposten ist vom Hydrographischen Amte in Washington aufgenommen worden[1]). Auf der Rückseite der Juninummer der Atlantic Pilot-Charts 1895 veröffentlicht dasselbe eine Reihe von Strombeobachtungen vermittelst Flaschenposten, welche im Laufe der letzten sechs Monate seitens dieses Institutes gesammelt worden sind. Die in einer Karte niedergelegten Kurse und Distanzen, welche die Flaschen zurückgelegt haben, ergeben in Verbindung mit früheren Beobachtungen, die in einem Supplemente der Julikarte 1891 veröffentlicht wurden, dass eine nahezu kreisförmige Bewegung des Wassers im Atlantischen Ozeane stattfindet, und zwar um einen südwestlich der Azoren gelegenen Mittelpunkt. Das Gebiet dieser Strombewegung fällt ungefähr mit der anticyklonischen Region zusammen, um welche die vorherrschenden Winde in gleicher Richtung wehen. Von einem Punkte im Süden der Grossen Neufundlandbank ausgehend, steigt die äussere Kante dieses ausgedehnten Stromsystemes gegen Norden an, bis zum 50. Breitenparallele, wo die Bewegung in eine mehr östliche übergeht. Nordwestlich der Azoren zweigt sich ein Teil des Stromes ab, um eine nordöstliche Richtung zu verfolgen. Flaschen, die in diesen Arm geraten sind, wurden durch den Strom bis an die Küsten Schottlands und Norwegens getragen. So hat eine Flasche, welche auf ca. 56° Breite und 31° westl. L. ausgesetzt wurde, ihren Weg südöstlich von Island vorbei und ums Nordkap herum gefunden und ist dann in der Nähe des Varanger Fjords an den Strand gespült worden. Die Haupttrift schneidet den Meridian von 20° zwischen 40 und 50° nördl. Br., wendet sich dann südlich nahezu parallel mit den europäischen Festlandküsten mit einer kleinen Ablenkung nach der Strasse von Gibraltar. Wo die äussere Stromkante von der afrikanischen Küste abbiegt, wendet sie sich südwestlich, um sich mit dem Äquatorialstrome zu verbinden und mit diesem durch die Yucatanstrasse in den Golf von Mexiko zu dringen, von wo aus dann das Wasser mit dem Golfstrome durch die Floridastrasse wieder nach Norden geführt wird.

[1]) Hansa 1895. p. 315.

Besonders interessant ist die Trift, welche die Flaschen im Gebiete der in letzter Zeit viel besprochenen Rennellströmung genommen. Die Flaschen, welche südlich von Irland, rechts vor der Kanalmündung über Bord geworfen worden sind, haben ihren Weg in gerader Richtung hinein nach dem englischen Kanale genommen und sind alle drei an der französischen Kanalküste an den Strand geworfen worden. Die eine hat La Hague und Barfleur umsteuert und ist in der Seinemündung aufgefischt worden, die beiden anderen sind ungefähr bei Les Héaux an Strand gespült worden. Die Trift dieser Flasche scheint gegen das Vorhandensein der berühmten Rennellströmung zu sprechen, dagegen hat aber eine vierte Post, die ungefähr auf der nämlichen Stelle wie die übrigen drei ausgesetzt worden ist, ihren Kurs westlich um Irland herum genommen und ist an dessen Nordküste angetrieben. Hier ist jedoch zu bemerken, dass, während diese Flasche getrieben, in diesem Gebiete eine Reihe südlicher Stürme aufgetreten ist, die den von den übrigen Flaschen abweichenden Verlauf zu erklären im stande ist. Andere Beobachter, wie der Erbprinz von Monaco, der in seiner Yacht l'Hirondelle besonders den Verlauf dieser Strömung zu verfolgen bemüht gewesen ist, haben gleichfalls keine Beweise des Vorhandenseins der kontinuierlichen Rennellströmung gefunden. Eine bemerkenswerte Anomalie weist auch eine im Golfe von Mexiko ausgesetzte Flasche auf. Allgemein wird angenommen, dass das Wasser im Golfe von Mexiko östlich und nördlich einer von der Mitte der Yucatanstrasse nach der Mississippimündung gedachten Linie nach Norden durch die Floridastrasse verlaufe, indessen ist diese Flaschenpost, die ca. 140 Meilen südlich von Pensacola über Bord geworfen wurde, nordwestlich gewandert, quer vor der Mississippimündung vorüber und ist in der Atchafalaya-Bay angetrieben. Eine andere Flaschenpost hat gleichfalls einen Weg zurückgelegt, der im Widerspruche mit der traditionellen Auffassung über den herrschenden Stromverlauf steht. Sie wurde mitten auf der grossen Neufundlandbank ausgesetzt und wanderte von dort mit einer Geschwindigkeit von 50 Meilen pro Tag an der Ostküste von Neufundland entlang nach Norden, also in gerade entgegengesetzter Richtung, wie die hier allgemein angenommene Labradorströmung verläuft. Dabei zeigen die synoptischen Wetterkarten während der Zeit der Trift keineswegs aussergewöhnlich starke oder besonders häufige südliche Winde. Eine dritte Flasche, die in der Region des Golfstromes auf ca. 80° westl. L. und 30° nördl. Br. über Bord geworfen wurde, hat sich, in grossem Bogen den Golfstrom durchschneidend, wieder südlich gewandt, ist an der Aussenseite der Bahamainseln entlang getrieben und an der Küste von San Salvador an Strand gespült worden. Diese Abweichung von der allgemein angenommenen Regel erklärt sich indessen durch eine Reihe schwerer nordwestlicher Stürme, die in der Zeit zwischen dem Überbordwerfen und dem Auffinden der Flasche vorgeherrscht haben.

Allen Flaschenposten haftet notwendig der Übelstand an, dass die Zeit, während welcher sie unentdeckt auf dem Strande liegen, als absolut unbekannte Grösse, einen mehr oder minder grossen Fehler in die aus der Triftzeit abgeleitete Stromgeschwindigkeit bringen muss. Dem gegenüber ist es bemerkenswert, dass die mittleren täglichen Triften für drei Flaschen, die in der Äquatorialströmung ausgesetzt wurden und an der Nordostküste Brasiliens entlang getrieben worden sind, nur wenig voneinander abweichen, indem sie ein Mittel von acht Meilen pro Tag ergeben. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Flaschen zu ganz verschiedenen Jahreszeiten getrieben und durchaus verschiedene Totaldistanzen zurückgelegt haben. Ähnliches gilt auch für eine Reihe von Flaschenposten, die dem Laufe des Golfstromes im Mitt-Atlantik gefolgt sind. Dieselben geben durchschnittlich eine Stromversetzung von sieben Meilen pro Tag, und von diesem Mittel, das wiederum aus der zwischen Aussetzen und Auffinden von drei Flaschenposten verflossenen Zeit abgeleitet ist, weichen die Tagestriften der einzelnen Flaschen nur wenig ab. Sie betragen resp. 6.4, 6.9 und 7.1 Meilen pro Tag.

Die Rennellströmung im Biskayischen Meere. Mehrere neue Untersuchungen, über welche in den Annalen der Hydrographie[1]) berichtet wird, führen übereinstimmend zu dem schon 1884 vom Kontreadmirale Hoffmann ausgesprochenen Ergebnisse, dass die sogenannte Rennellströmung nicht existiert. Alles zusammenfassend, kommt der genannte Bericht zu folgendem Ergebnisse:

»Vor dem Eingange des Golfs von Biskaya schwimmende Körper haben während des Sommers die Neigung, in den Golf einzudringen. Ihre Geschwindigkeit nimmt ab in dem Masse, wie sie sich der Küste nähern.

Während des Winters zeigen sie widersprechende Bewegungen in allen Richtungen.

Die Strömungen an der Küste des Landes sind die direkte Folge des Stosses der Winde.

Während der warmen Monate haben die Winde eine markierte Neigung, während des Tages von See gegen das Land zu wehen und während des Nachmittags bis Nordwest zu drehen. Das Oberflächenwasser gehorcht diesem Drucke. Aus diesem Grunde ist die Küste des Landes für Treibobjekte ein Punkt der Antrift, welcher in dieser Hinsicht kaum seinesgleichen findet.

Nahe der Küste existiert eine Art von Gegenwirkung, welche die Geschwindigkeit aufhebt und die Landung verzögert. Um letztere zu erleichtern, ist die Hilfe starker Seewinde erforderlich.

Nach den Routen treibender Objekte, welche nur kurze Zeit im Wasser waren, betragen die Geschwindigkeiten in der Mitte des Golfes von fünf bis zu sechs Seemeilen in 24 Stunden, innerhalb

[1]) Annalen der Hydrographie 1895. p. 292.

30 Seemeilen von der Küste zwei bis drei Seemeilen pro Tag. Mit starken westlichen Winden haben die Geschwindigkeiten sechs Seemeilen in 24 Stunden nicht überschritten.

9. Quellen und Höhlen.

Über Quellenbildung im nordostdeutschen Diluvialgebiete verbreitete sich auf Grund örtlicher Beobachtungen G. Müller[1]). Im nordostdeutschen Flachlande sind ergiebige Quellen nur selten vorhanden, und dieser Mangel hängt mit der Oberflächengestaltung und dem geologischen Aufbaue des Diluviums zusammen. Zunächst sind im Bereiche des norddeutschen Diluviums die Einzugsgebiete für die atmosphärischen Niederschläge, bezw. die abflusslosen Gebiete viel kleiner, als in den von Gliedern älterer Formationen aufgebauten Gegenden, da die milden quartären Gesteinsarten der Erosion, vor allem in der mit ungeheuren Wassermengen ausgerüsteten Glazialperiode, verhältnismässig geringen Widerstand boten und so zur Bildung zahlloser Rinnen und tiefer Becken Anlass gaben. Dazu kommt die geringe Undurchlässigkeit der Mehrzahl der quartären Ablagerungen, infolge deren die einziehenden atmosphärischen Niederschläge leicht in tiefe Regionen eindringen, sich hier als Grundwasser ansammeln, bezw. den stehenden und fliessenden Gewässern zufliessen, ohne zur Bildung sichtbarer Quellen Anlass gegeben zu haben. Hauptsächlich tritt diese unterirdische Entwässerung in Gebieten ein, die ausschliesslich aus mächtigen Kies- und Sandablagerungen aufgebaut sind, wie z. B. in den Heidesandgebieten Hinterpommerns.

Absolut wasserundurchlässige Schichten (Diluvialthone) finden wir in dem norddeutschen Flachlande verhältnismässig vereinzelt und meist auch nur in geringer horizontaler Verbreitung. Von grösserer horizontaler Verbreitung erweist sich nur der Geschiebemergel, unter den quartären Bildungen nahezu einzig und allein als zur Quellenbildung anlassgebend.

Von den in der Litteratur gewöhnlich unterschiedenen Quellenarten: Schichtquellen, Kluftquellen und Verwerfungsspaltenquellen (die Überfallsquellen sind nur Abarten der Schichtquellen) treffen wir in der Regel im Diluvium nur die Schichtquellen, da die beiden anderen Arten sich bei der Plastizität der quartären Bildungen nur in den seltensten Fällen bilden können.

Diese können sich naturgemäss nur dort finden, wo die Thätigkeit des oberflächlich abfliessenden Wassers so tiefe Rinnen oder Becken in die Diluviallandschaft eingeschnitten hat, dass die Oberkante einer wasserführenden Schicht, im allgemeinen eines Geschiebemergels, angeschnitten worden ist.

Von den beiden, bei der geologischen Kartenaufnahme des norddeutschen Quartärs gewöhnlich unterschiedenen Geschiebemergeln

---

[1]) Potonié's Wochenschrift 10. Nr. 41. p. 489.

ist es naturgemäss hauptsächlich der untere, welcher zur Quellenbildung Veranlassung gegeben hat. In der That finden wir überall dort, wo die Erosion die diluvialen Bildungen bis zur Oberkante des unteren Geschiebemergels fortgeschafft hat, Quellen herausfliessen.

Die stärksten natürlichen Quellen werden in demjenigen Teile eines Erosionsthales zu Tage treten, wo sich die Oberkante des wasserführenden Geschiebemergels auf gleicher Höhe mit der Thalsohle befindet, da sich hier die auf dem Geschiebemergel abfliessenden Wasser mit dem Grundwasser des Thales vereinigen. Ein schönes Beispiel hierfür geben die Quellen bei der Bergholzer und Menkiner Mühle am westlichen Ufer des Randowthales bei Löcknitz ab, woselbst die über dem unteren Geschiebemergel heraustretenden Quellen so stark sind, dass sie sofort eine Mühle zu treiben im stande sind, während die thalabwärts über der Thalsohle entspringenden Quellen nur geringe Wassermengen zu Tage fördern. Auch in Ostpreussen liefern die über dem unteren Mergel entspringenden Quellen die vielfach ganz bedeutende Wasserkraft für zahlreiche Wassermühlen. Bei etwaigen Brunnenbohrungen wird man daher in der Regel bis auf die Oberkante des unteren Geschiebemergels heruntergehen müssen, welcher natürlich in den verschiedenen Gegenden verschieden hoch über dem Meeresspiegel, vielfach auch unter Tage liegt.

Der über oder unter dem unteren Geschiebemergel folgende Thonmergel wird dort als Quellenhorizont zur Geltung kommen, wo er in grosser horizontaler Ausdehnung zur Ablagerung gelangt ist. Sollte man daher über dem Untermergel kein Wasser gefunden haben, so dürfte eine Fortsetzung der Bohrung immerhin zu empfehlen sein, also vor allem in von vielen Erosionsrinnen durchzogenen Gebieten. An Thalhängen, wo die Erosion bis zur Oberkante derartiger Thonmergel vorgeschritten ist, pflegen gleichfalls Quellen herauszutreten und dann bei verrutschten Gehängen einen guten Anhalt für die Kartenaufnahme abzugeben.

Die so erschlossenen Quellen sind jedoch, wenn über den wasserführenden Sandkiesen noch nicht entkalkter oberer Geschiebemergel folgt, meist sehr hart und zuweilen auch eisenhaltig, so dass dann ihre Brauchbarkeit für gewerbliche Zwecke unmöglich ist.

Der obere Geschiebemergel wird nur dort als wasserführende Schicht auftreten, wo er seinerseits von noch jüngeren, zu einer mächtigen Entwickelung gelangten Bildungen, z. B. oberen Sand, überlagert ist. Er tritt als quellenhorizontbildend demnach zurück, da derartige Gebiete weniger vorhanden sind. Es kommen meist nur die Gebiete in Betracht, wo vor und hinter den Endmoränenzügen mehr oder weniger mächtige obere Sandmassen abgelagert sind. Man kann zwar vielfach auch in oberen Sandgebieten, in denen weniger mächtige Sandmassen abgelagert sind, Quellen über dem oberen Blocklehme heraustreten sehen, doch haben dieselben, weil zu unbedeutend, für die Praxis keine weitere Bedeutung. Die

Bewohner ausgedehnter Geschiebemergelplateaus werden daher leicht in Verlegenheit um gutes Trink- und Wirtschaftswasser sein, namentlich wenn diese so mächtig sind (wie z. B. in der Uckermark), dass etwaige Bohrungen erst in bedeutender Tiefe auf wasserführenden Sand oder Kies stossen können. Das Brunnenwasser solcher Gebiete ist dann auch meistens nur aufgesammeltes Regenwasser, zu dem die stark kalkhaltigen Sickerwässer des umgebenden Geschiebemergels treten. Um hier brauchbares Trinkwasser zu bekommen, wird man am besten zwischen zwei auf Geschiebemergelplateaus meist nicht seltenen Pfühlen oder Seebecken bohren, welche oberflächlich miteinander durch eine Rinne oder Senke verbunden sind. Sind die Senken mit humosem Alluvium erfüllt, so wird die Bohrung am zweckmässigsten am Rande derselben niedergebracht.

Die Stärke der Quellen ist überall abhängig von der Menge der atmosphärischen Niederschläge, von der Grösse des Einzugsgebietes und der petrographischen Beschaffenheit der die Oberfläche bildenden Schicht des Einzugsgebietes. Je weniger Widerstand die die Oberfläche bildende Gesteinsart dem Einziehen der Niederschläge entgegensetzt, desto stärker werden naturgemäss die Quellen sein. In diluvialen Landschaften liefern demnach sandige Gebiete stärkere Quellen als wie solche, in denen wenig verwitterte Geschiebelehme oder gar thonige Böden vorherrschen. Am günstigsten sind die Gegenden daran, in denen eine nicht zu mächtige Decke stark verwitterten Geschiebemergels oberflächenbildend auftritt, da die schwach lehmigen bis lehmigen Sande nach längerer Trockenheit für die Niederschläge sehr aufnahmefähig sind, während sie anderseits, sobald sie mit Wasser gesättigt sind, gegen das Austrocknen durch Wind und Sonne wenigstens so lange eine schützende Decke bilden, als die einsickernden Wässer in grössere Tiefen gelangt sind.

Ebenso ist die Beschaffenheit des Quellwassers abhängig von der petrographischen Zusammensetzung der von demselben durchflossenen quartären Bildungen. Quellen, welche am Rande eines ausgedehnten mächtigen Geschiebemergelplateaus heraustreten, sind reich an gelösten Verbindungen, unter denen kohlensaurer Kalk und Eisenoxydhydrat vorherrschen, während die am Rande von Sandgebieten heraustretenden Quellen naturgemäss weiches Wasser liefern.

Dort, wo sich die Oberkante der wasserführenden Schicht über die Thalsohle erhebt, geben etwaige Quellen vielfach Anlass zur Bildung von Gehängemooren. Im ersten Stadium werden die wasserhaltenden Sande und Kiese, insofern sie auf grössere Strecken hin in nicht zu starker Mächtigkeit die undurchlässige Schicht überlagern, infolge der andauernden Feuchtigkeit humos, um später zu reiner Moorerde zu werden, auf der sich dann schliesslich die torfbildenden Pflanzen so stark entwickeln, dass Torfmoore entstehen. Diese Gehängemoore wachsen naturgemäss allmählich dem Thale zu, bis sie sich mit dem Thalalluvium (Niederungsmoore) vereinigen. Geraten die Gehängemoore bei dem Hinabwachsen zur Thalsohle

auf reinen Geschiebemergeluntergrund, so pflegen sie an dieser Stelle kalkig zu werden, so dass sie in kalkigen Torf oder gar Moormergel übergehen.

Die Erdölvorkommnisse im Unterelsass besprach van Werveke[1]). Zunächst schildert er die geologischen Verhältnisse, welche für das Verständnis der Gewinnung und Entstehung des Erdöls dort notwendig sind. Die Gewinnung reicht sehr weit zurück. »Eine bitumenhaltige Quelle, welche in einer Wiese bei Pechelbronn entsprang und dieser Niederlassung den Namen gab, ist der Ursprung der heutigen Industrie. Wie weit die Kenntnis des Erdöls zurückreicht, geht aus einem von Wimpfeling im Jahre 1498 verfassten Berichte hervor, der schon damals den Gebrauch als einen alten bezeichnete. Man begnügte sich anfangs damit, das auf dem Wasser schwimmende Öl abzuschöpfen. Im 16. Jahrhunderte lieferte die Quelle so viel Öl, dass die Bauern der Umgebung es zur Beleuchtung (Pechfackeln?) und als Schmieröl benutzten. Im Jahre 1735 fand ein in der Gegend ansässiger Arzt, Erynis von Erynis, 150 *m* von der Quelle entfernt ein anstehendes Lager von Ölsand, und im Jahre 1742 wurde durch de la Sablonnière der erste unterirdische Abbau in Angriff genommen. Im Jahre 1768 traten die Werke in den alleinigen Besitz der Familie Le Bel, in deren Händen sie während 120 Jahren, bis 1888, verblieben. Der Abbau folgte zuerst den ölhaltigen Sandstreifen, auf welche man durch Schächte niederging. Später wurden Parallelstrecken im Hangenden getrieben, nachdem der direkte Betrieb durch Öl- und Gasausbrüche, sowie durch Wasserandrang auf bedeutende Schwierigkeiten gestossen war. Der Bergbau bei Pechelbronn erstreckte sich bis zu einer Tiefe von 90 *m* und ist seit Ende 1888 zum Erliegen gekommen. Es wurden im ganzen zehn verschiedene Hauptlager neben einer grösseren Anzahl kleinerer Lager von elf Schächten aus abgebaut. Gefördert wurde das aus den Sanden ausquillende Öl (Sickeröl, Jungfernöl) und ölhaltiger Sand, aus welchem das Rohöl, ungefähr 4%, durch Auskochen gewonnen wurde.

Bohrarbeiten waren bis zum Jahre 1880 nur in untergeordneter Weise ausgeführt worden und hatten den Zweck, die Richtung der oberhalb der Öllager zu treibenden Versuchsstrecken festzustellen. Erst seit 1880 gewinnen dieselben an Bedeutung, und bis heute sind allein im Felde Pechelbronn weit über 500 Bohrlöcher niedergebracht worden. Die Resultate dieser Bohrungen, welche zumeist durch Wasserspülung ausgeführt werden, hat Bergrat Jasper eingehend zusammengestellt. Die Öllager, welche durch die Bohrungen festgestellt wurden, verteilen sich auf mehrere Horizonte, von denen der erste bei 80—90 *m*, der zweite bei 120—150 *m*, der dritte bei 180—200 *m*, der vierte und fünfte bei 230 *m* und 335 *m* angetroffen wird. Die Ergebnisse der Bohrung sind sehr verschieden. Am wertvollsten sind natürlich die Quellen, in denen das Öl unter dem Drucke des Gases an die Oberfläche gepresst wird und hier, wenigstens bei einem Teile der Quellen, mit grosser Gewalt ausgeworfen wird (Springquellen). Bis jetzt sind 23 derartige Quellen erbohrt, ungefähr 4 % sämtlicher Bohrungen. Es ist ein grosser Vorzug der unterelsässischen Quellen gegenüber anderen, z. B. den Ölheimer, dass sie das Öl mit verhältnismässig wenig Wasser vermischt fördern. Eine sehr nachhaltige Quelle lieferte das Bohrloch 146 am Roten Graben, welches im April 1882 als erste grosse Springquelle von 200 Fass täglicher Leistung erschlossen worden war und erst nach sechsjährigem, ungestörtem Ausflusse zum Erliegen kam. »Man teufte 1 *m* von dem Bohrloche entfernt ein neues Bohrloch grösserer Dimensionen (25 *cm* Anfangsdurchmesser) ab und richtete dieses zum Pumpenbetriebe ein. Das Ergebnis war höchst befriedigend. Anfänglich lieferte die Pumpe täglich 50 Fass, seit Juli 1889 aber

[1]) Zeitschrift f. prakt. Geologie 1895. p. 97 u. ff.

70—80 Fass Rohöl; in sechsmonatlichem Betriebe produzierte dieses Bohrloch bis Mai 1890 allein 1642000 *kg* Öl, also bei monatlich 25 Arbeitstagen = 10000 *kg* pro Tag.« (Jasper). Wir sehen hier den Pumpenbetrieb den Bohrbetrieb mit Vorteil ergänzen. Sehr nachhaltig ist auch die Quelle 186, welche im Jahre 1884 aufgeschlossen wurde und in den ersten 8 Jahren täglich 80 *cbm* lieferte, seither aber auf 70 *cbm* heruntergegangen ist. In anderen Fällen tritt ein rascheres Versagen ein, z. B. bei der Springquelle 237, welche am 19. April 1887 erbohrt wurde und am 6. August desselben Jahres plötzlich, wahrscheinlich durch Verstopfung des Bohrlochs, versiegte. Für ausführlichere Angaben ist auf die Arbeit von Jasper zu verweisen. Mehrfach wurde nur Gas und Wasser aufgeschlossen. Eine solche im Jahre 1881 erbohrte Quelle warf das Wasser während 24 Stunden bis zu einer Höhe von 16 *m*, das Gas, Sumpfgas, dessen Ausströmung fortdauerte, wurde zu Heizungszwecken nach dem Laboratorium von Achille Le Bel geleitet. Das Bohrloch Nr. 394 gab in 24 Stunden 12000 bis 15000 *cbm* Gas; die Ausströmung dauerte sechs Wochen und nahm allmählich ab.

Ausser bei Pechelbronn wurde bei Sulz und Wald (4 *km* vom ersteren Orte) bereits im vorigen Jahrhunderte Erdöl gewonnen, doch ist der Bergbau seit langem zum Erliegen gekommen. Die Entdeckung des Ölsandes fällt in das Jahr 1771. Das Lager, das in einer Tiefe von 17 *m* vom Selzbach bis in die Nähe der Kirche von Sulz abgebaut wurde, ist gegen W durch eine Verwerfung abgeschnitten; gegen O nimmt der Ölgehalt ab.

Weniger alt als in Pechelbronn und Sulz ist die Gewinnung des Erdöls in Schwabweiler (6 *km* südöstlich von Pechelbronn). Die Verleihung des Bergwerks Schwabweiler erfolgte durch Louis Philippe, roi des Français, am 26. Dezember 1841. Die Versuche, Erdöl hier aufzuschliessen, reichen bis zum Jahre 1830 zurück und waren durch Bitumenspuren, welche man über Tage beobachtet hatte, veranlasst worden. Im November 1838 wurde in sandigem Mergel bei einer Tiefe von 21.76 *m* eine Quelle aufgeschlossen, welche mit dem Wasser reichlich Erdöl an die Oberfläche beförderte. Die Gewinnung beschränkte sich auf das Auspumpen dieses Bohrlochs und wurde, da der Ölzufluss stark nachgelassen hatte, im Jahre 1847 eingestellt. Der Abbau durch Schachtbetrieb, der bis zur Tiefe von 70 *m* reichte, wurde im Jahre 1883 eingestellt, »nachdem etwa 50 Bohrlöcher, welche in der Umgebung der Grubenbaue bis 80 und 90 *m* niedergestossen waren, nur mangelhafte Aufschlüsse ergeben hatten« (Jasper). Die Petrolsande bilden nicht, wie bei Pechelbronn, schmale, lange Streifen, sondern dehnen sich als zusammenhängende, bis 2 *m* mächtige Schichten über weitere Flächen aus. Das Einfallen der Schichten ist stärker als bei Pechelbronn. Kleinere Verwerfungen wurden mehrfach festgestellt.

Zur gleichen Zeit, als man in Pechelbronn den Bohrbetrieb in grösserem Umfange in Angriff nahm, wurden auch die ersten Bohrversuche ausserhalb der bis dahin als ölführend bekannten Gebiete mit Erfolg ausgeführt, und zwar zunächst im nördlichen Teile des Hagenauer Waldes, im Reviere Oberstritten. Im Jahre 1882 bewegten sich die Schürfversuche am Nordrande des Hagenauer Waldes zwischen Biblisheim und Merzweiler, und in den beiden folgenden Jahren wurde die Gegend von Ohlungen, westlich von Hagenau, teilweise durch Mutungen gedeckt. Nach 1884 trat eine längere Ruhepause ein, welcher im Jahre 1890 eine Zeit sehr regsamer Bohrthätigkeit folgte, die schon im folgenden Jahre, 1891, zu Ende ging. Durch diese Bohrversuche, welche zu 346 Verleihungen führten, wurde das Vorkommen von Erdöl im Unterelsass weit über das Gebiet von Schwabweiler und Pechelbronn hinaus nachgewiesen, und zwar nicht nur im Tertiär, sondern auch in den mesozoischen Schichten des Zaberner Bruchfeldes. Im Tertiärgebiete beschränkte man sich im Jahre 1890 auf die Gegend von Hagenau und ging gegen S wenig über die Moder hinaus; 1891 wurde nicht nur diese, sondern auch die Zorn überschritten, und die Bohrversuche

näherten sich Strassburg. Die Bohrungen im mesozoischen Gebiete fallen mit wenigen Ausnahmen in das Jahr 1891; ihren Höhepunkt erreichte die Bohrthätigkeit in den Monaten August und September. Im Jahre 1892 wurden nur noch zwei Mutungen, die eine bei Biblisheim, die andere bei Schwabweiler Mühle, beide im Tertiär nördlich des Hagenauer Forstes, eingelegt.

Im Tertiärgebiete wurden die Bohrlöcher im Durchschnitte bei 78.22 *m* fündig, die geringste Tiefe, in welcher Erdöl aufgeschlossen wurde, beträgt 13.63 *m*, die grösste 222.86 *m*. Berechnet man die Mittelzahl nicht für das gesamte Gebiet, sondern für einzelne Teile, so erhält man wesentliche Abweichungen von der oben angegebenen Zahl. Auffallend niedrig stellt sich die Mittelzahl für die Bohrungen südlich von der Zorn, nämlich nur auf 41,02 *m*, während sie sich für das Gebiet zwischen der Zorn und der Moder auf 75,80 *m*, und für das Gebiet nördlich von der Moder bis an die Grenzen des Bergwerks Pechelbronn auf 89.60 *m*, also auf mehr als das Doppelte der ersteren Zahl beläuft.

Die niedrige Mittelzahl für die Fündigkeit im Gebiete südlich von der Zorn ist um so auffallender, als gerade hier die unter-oligocänen erdölführenden Schichten in grösserer Tiefe liegen als bei Pechelbronn. Nördlich von der Moder und besonders nördlich vom Hagenauer Walde treten unter- und mitteloligocäne Schichten vielfach zu Tage. Zwischen der Zorn und der Moder (und östlich von der Tertiärverwerfung) ist das ältere Tertiär fast überall von Pliocän und Diluvium überdeckt, gehört aber da, wo es über Tage ansteht, dem Mitteloligocän an. Südlich von der Zorn hat man es dagegen an den wenigen Punkten, wo Tertiär aus dem Diluvium herausragt, mit jüngeren Abteilungen, mit Oberoligocän und Untermiocän zu thun. Dem Untermiocän gehören die Süsswasserkalke an, welche von Schumacher am Lettbuckel östlich von Waltenheim aufgefunden wurden. Oberoligocän ist von Truchtersheim und Kolbsheim bekannt und bildet wahrscheinlich östlich von Suffelweiersheim das Liegende des Diluviums. Von Donnenheim, westsüdwestlich von Brumath, liegt mir eine Bohrprobe aus 80 *m* Tiefe vor, welche kaum anders denn als oberoligocäner Sandstein gedeutet werden kann. Die Pechelbronner ölführenden Schichten sind also, wie schon gesagt, in dem Gebiete südlich von der Zorn (bis zur Breusch) erst in grösserer Tiefe zu erwarten und sind wahrscheinlich durch keines der fündig gewordenen Bohrlöcher erreicht worden. Das südlich der Zorn aufgeschlossene Öl würde demnach jüngeren Schichten angehören müssen, dem Mitteloligocän oder dem Oberoligocän. Im letzteren ist Bitumen bisher nicht mit Sicherheit bekannt geworden; ersterem gehören der Asphaltkalk von Lobsann und ein Vorkommen von bituminösem Sande im Septarienthone zwischen dem Bergwerke Lobsann und Drachenbronn an. Auch bei Schwabweiler reichen die Petrolsandflöze bis in die foraminiferenführenden Mergel des Mitteloligocäns hinein.

Die Bohrungen förderten meistens dunkelbraunes Erdöl zu Tage; hellgelbes Erdöl lieferte das Bohrloch der Mutung Surburg I, hellbräunliches Öl das von Walburg-Morsbronn I. Beim Bohrloche Isselbächel II wurde zeitweise bei der Fundabnahme Öl von dunkelgrüner Färbung wahrgenommen. In der Regel wurde bei den Schürfversuchen das Erdöl mit dem Bohrwasser in die Höhe gepumpt; weniger oft trat es frei mit aufgeschlossenen Quellen oder unter dem Drucke von Gasen aus. Bei der zur Verleihung des Bergwerks Gute Hoffnung XI führenden Bohrung wurde eine Springquelle erbohrt (die einzige unter 134 fündigen Versuchsbohrungen), welche in 24 Stunden $1^1/_2$—2 Fass Öl lieferte. Das aufgeschlossene Öl ist dünn- bis dickflüssig oder von erdpechartiger Beschaffenheit und bildet in letzterem Falle auf dem Bohrwasser keine Tropfen, sondern schaumige Flocken. Von erdpechartiger Beschaffenheit zeigte sich das Bitumen nördlich von der Zorn häufig in den Fällen, wo das Bohrloch eine geringere Tiefe als 70—80 *m* erreichte, was zum Teile wenigstens anscheinend mit einem in den oberen Teufen stattgefundenen

Verluste der leichtflüchtigen Bestandteile zusammenhängt. Südlich von der Zorn scheint Bitumen von dieser Beschaffenheit nicht angetroffen worden zu sein, obgleich die Bohrungen hier im Mittel nur bis 41.02 *m* niedergebracht wurden. Gase wurden bei den Bohrversuchen nördlich von der Zorn vielfach beobachtet, scheinen bei denen südlich von der Zorn aber nicht bemerkt worden zu sein.

Gewinnung von Erdöl findet in den seit 1880 verliehenen Bergwerken im Reviere Oberstritten, bei Biblisheim, Dürrenbach und Ohlungen statt.

In den mesozoischen Schichten des Zaberner Bruchfeldes wurden in der genannten Zeit 212 als gültig anerkannte Mutungen eingelegt. Die Erdölfunde verteilen sich auf verschiedene Schichten der Trias und des Jura, nämlich auf oberen Muschelkalk, mittleren Keuper (Salzkeuper und Steinmergelkeuper), Lias, besonders mittleren und oberen Lias, unteren Dogger und vielleicht auch die tieferen Schichten des mittleren Doggers. In der Regel wurde das Erdöl in zahlreichen grösseren und kleineren Tropfen von braunschwarzer Farbe mit dem Bohrspülwasser zu Tage gefördert. In wenigen Fällen, bei Wörth, Pfaffenhofen und Obermodern trat neben dem flüssigen Erdöle Erdpech zu Tage. Nach den Ergebnissen der Bohrungen im Tertiär, wenigstens in der Hagenau-Pechelbronner Gegend, hätte man wegen der geringen Tiefe der Bohrlöcher erwarten müssen, gerade letzteres in der Regel anzutreffen. Dasselbe unerwartete Verhalten zeigten, wie schon hervorgehoben, die Bohrungen im Tertiär südlich der Zorn. Gasaustritt wurde bei Wörth, Bossendorf und Obermodern festgestellt. Die Mittelzahl, welche sich für die Tiefe der Fündigkeit bei sämtlichen als gültig anerkannten Mutungen berechnet, ist 25.02 *m*, also nicht ganz ein Drittel der mittleren Tiefe im Tertiärgebiete.

Bei den zahlreichen bisher im Tertiär ausgeführten Bohrungen ist man nur in wenigen Fällen tiefer eingedrungen als 250 bis 300 *m*. Die grösste Tiefe erreichte das Bohrloch von Oberstritten, nämlich 620 *m*. Öl wurde nicht erschlossen, doch gab die Bohrung den ersten Nachweis einer bisher ungeahnten Mächtigkeit der unteroligocänen Mergel und interessante Beobachtungen über die Zunahme der Temperatur nach der Tiefe.

Bohrungen auf Süsswasser auf den schwedischen Schären[1]. Auf Anregung des Professors Nordenskiöld werden seit Jahresfrist (1894) an den schwedischen Küsten sogenannte Diamantbohrungen vorgenommen, um auf den Felseninseln der der Küste vorgelagerten Schären Trinkwasser zu erhalten, was besonders für die auf solchen Inseln stationierten Lotsen und Leuchtturmwächter von Bedeutung ist. Solche Bohrungen im Urgebirge sind in Schweden bereits acht vorgenommen worden. Jüngst erhielt Professor Nordenskiöld wieder die telegraphische Meldung von einer auf der Felseninsel Marstrand, einem vielbesuchten schwedischen Badeorte, glücklich ausgeführten Diamantbohrung. Die Anregung zu derartigen Bohrversuchen gab dem Prof. Nordenskiöld die Erwägung, dass die täglichen, jährlichen und säkularen (?) Temperaturschwankungen ein Abgleiten des oberen Teiles des Gesteins von den unteren Schichten, die solchen Schwankungen nicht ausgesetzt sind, herbeiführen müssen, und durch dieses Abgleiten müssen in ziemlich gleichbleibenden Tiefen wagerechte Spalten hervorgerufen werden. Ferner zeige die Beobachtung, dass das in die schwedischen Eisenbergwerke eindringende Wasser nie salzig ist, auch wenn die Bergwerke auf den kleinen Inseln der Küste liegen und bis 100

[1]) Gaea 1895. p. 569.

bis 200 *m* unter die Oberfläche reichen. Gleich der erste Versuch, der im Frühjahre 1894 auf einer schwedischen Insel an der Ostsee, auf der sich eine Lotsenstation befindet, gemacht wurde, ist erfolgreich verlaufen, und jetzt ist die neunte Bohrung auf Marstrand ausgeführt. Die kleine Felseninsel Marstrand liegt nordwestlich von Gothenburg, über eine Meile von der Küste. Zwischen dieser und Marstrand liegen eine Menge Inseln und Klippen, von denen Marstrand durch einen tiefen Sund getrennt ist, während sich hinter Marstrand das offene Meer ausdehnt. Die Bohrung wurde dort in einem Fels 8 *m* über dem Meere ausgeführt, und man machte ein Bohrloch von 38 bis 39 *m* Tiefe. Nach beendeter Bohrung stand das Wasser im Bohrloche bis $3^1/_2$ *m* vom oberen Rande, und nachdem man eine Pumpe eingesetzt, gab der Brunnen 1000 *l* süsses Wasser in der Stunde. Das Ergebnis entspricht den anderen Versuchen im Urgebirge, bei denen man nach den Mitteilungen Nordenskiöld's in Tiefen von 33 bis 35 *m* stets Süsswasser gefunden hat. Das Wasser stieg 2 bis 3 *m* an die Oberfläche, manchmal auch bis an diese selbst. Da die Bohrungen mit Diamantbohrern ausgeführt werden, wendet man bereits die Bezeichnung Diamantbrunnen und Diamantwasser an. Für die Bohrung muss Gestein ausgewählt werden, das an der Oberfläche keine Sprünge zeigt, und das Bohrloch selbst ist senkrecht und cylindrisch mit einem Durchmesser von 65 *mm*. Durch die Bohrung bei Marstrand ist erwiesen, dass man mittels Diamantbohrung überall an der Westküste und den nächstgelegenen Inseln gutes Trinkwasser erhalten kann. Beim Auspumpen des Bohrmehles wurde in Marstrand Süsswasser angewandt, während bei den früheren Bohrungen Salzwasser benutzt worden ist, was die Brunnen auf längere Zeit verunreinigte. Ob auch auf den weiter im Meere hinaus belegenen Gneiss- und Granitinseln Süsswasser zu bekommen ist, kann noch nicht entschieden werden, ebenso, ob die in Schweden so erfolgreich ausgeführten Diamantbohrungen auch in anderen Ländern, wo die Temperaturschwankungen an der Erdoberfläche unbedeutend sind, ein gleich günstiges Ergebnis haben würden.

Die Höhle von Selefke, im Vilajet Adana in der asiatischen Türkei 6 *km* von der Küste des Mittelmeeres, ist neuerdings von einem Eingeborenen besucht worden[1]). Man betritt sie durch eine unscheinbare Öffnung, befindet sich aber bald in einem ungeheueren Raume. Dies ist jedoch nur ein Vorsaal, von dem aus schmale Spalten in weitere Hallen führen, von denen eine hinter der anderen liegt. Diese wunderbare Höhlenwelt ist vor kurzem zum ersten Male näher untersucht worden, und zwar durch einen Landmann, den der Kaimakam von Selefke mit Lebensmitteln und Fackeln versehen hatte. Er blieb fünf Tage auf seiner unterirdischen

[1]) Deutsche Rundschau für Geographie 1895. **17.** p. 141.

Wanderung und legte dabei einen Weg zurück, den er auf ungefähr 40 *km* schätzt. Zuletzt wurde er durch einen grossen unterirdischen Teich, in dessen Mitte sich grosse Felsstücke befinden, zur Umkehr gezwungen, ohne das Ende des ungeheueren Hallensystems erreicht zu haben. Wie man sich in Selefke erzählt, findet sich ein Ausgang nahe bei Atif am Kap Lisan-el-Kasbé. Dort ist auch eine unerforschte Grotte, die brüllende Höhle benannt. Wenn nämlich bei stürmischem Wetter die Wogen der See in diese Höhle eindringen, erzeugen sie durch den Widerhall an den Wänden ein Geräusch wie tiefes Brüllen. Gleichzeitig kann man am Eingange der Höhle von Selefke ein aus der Tiefe kommendes, dann und wann aussetzendes Rollen vernehmen. Nach Ansicht türkischer Geologen, die kürzlich die Gegend besuchten, wäre die Höhle nichts anderes, als ein altes unterirdisches Bett des Flusses Kama, der sich in der Vorzeit in den Meerbusen von Lisan ergoss.

Höhlenkunde. Einer der gründlichsten Kenner und Forscher auf dem Gebiete der Höhlenkunde hat seine eigenen und die Ergebnisse fremder Beobachtungen in einem grösseren Werke niedergelegt, welches in der betreffenden Litteratur von hervorragender Bedeutung ist[1]). Die systematische Einteilung der Höhlen bietet mannigfache Schwierigkeiten. Kraus entscheidet sich für drei Hauptabteilungen: ursprüngliche Höhlen, später gebildete natürliche Höhlen und künstliche Höhlen.

Ursprüngliche Höhlen sind alle solche, welche sich mit dem Gebirge, in dem sie vorkommen, zugleich gebildet haben. Darunter gehören: a) in den krystallinischen Gesteinen alle Blasenräume, unter denen die berühmten Krystallkeller die bekanntesten sind, ferner die meisten Lavahöhlen und alle Blasenräume in vulkanischen Gesteinen, daher in gewissem Sinne auch die nachträglich ausgefüllten kleinen Hohlräume, welche man als Mandelsteine bezeichnet; b) in den klastischen Gesteinen die horizontalen Riffhöhlen und die Klippenbrunnen, deren Entstehung von den einen dem ungleichen Wachstume der Korallen, von anderen örtlichen Zerstörungen von Korallenkolonien zugeschrieben wird. In Sedimentgesteinen dürften sich schon wegen ihrer Bildungsart kaum ursprüngliche, sondern nur später gebildete Höhlen nachweisen lassen, jedoch können gewisse Spaltenhöhlen, welche durch den Austrocknungsprozess der Sedimentgesteine entstanden und später erweitert worden sind, füglich als Übergänge von den ursprünglichen Höhlen zu den später gebildeten betrachtet werden.

Die Gruppe der später gebildeten Höhlen umfasst sowohl die grösste Anzahl, als auch die zahlreichsten Gattungen von Höhlen in bezug auf ihre Entstehungsart. In letzterer Hinsicht sind be-

---

[1]) Höhlenkunde. Wege und Zwecke der Erforschung unterirdischer Räume. Von Franz Kraus. Wien 1894.

sonders drei Ursachen bei der Höhlenbildung thätig gewesen, und zwar: a) die Spaltenbildung durch Bruch, b) die Erosion und Korosion, und c) die Überdeckung.

In die erste dieser Unterabteilungen gehören die Erdbebenklüfte, sowie etwa durch den bei der modernen Geologie so beliebten horizontalen Gebirgsschub entstandene Bruchspalten, die aber wahrscheinlich zumeist mit ersteren identisch sein dürften. Ferner gehören hierher Klüfte, welche durch Senkungen von Teilen eines Berges infolge von Unterwaschung entstanden sind, deren Zahl aber nicht sehr gross ist.

Den grössten Anteil an der Höhlenbildung hat die Erosion und Korrosion, die auf mechanischem oder chemischem Wege sich äussernde zerstörende Kraft des Wassers. Sie wirkt sowohl in senkrechter als auch in horizontaler Richtung und bildet in ersterer Hinsicht. Schacht- oder Schlundhöhlen und in letzterer horizontale oder Tunnelhöhlen. Die schrägen und die Etagenhöhlen stehen zwischen beiden und können je nach ihrem mehr senkrechten oder mehr horizontalen Verlaufe bald zu der einen, bald zu der anderen Kategorie gezählt werden. Weiter ist zu beachten, dass die Erosion sowohl mechanisch (als Erosion im engeren Sinne) wie chemisch (als Korrosion) wirken kann, und dass jede dieser beiden Formen unverkennbare Spuren zurücklässt. Häufig wirken sie beide zusammen, dagegen sind reine Korrosionshöhlen selten. Das Ergebnis eines komplizierten Prozesses sind die Dolinen. Durch Einsturz wird ein auf dem Wege der Erosion und Korrosion entstandener Hohlraum seiner Decke beraubt, worauf durch Verwitterung, Frostwirkung, mechanische und chemische Erosion der Schlund seine Steilwände verliert. Das zuerst auf die Deckenbruchstücke abstürzende Material besteht noch aus gröberen Blöcken, später werden auch kleinere Stüeke und Schwemmprodukte auf dem Grunde der Doline abgelagert. Am kahlen Gehänge bilden sich an dafür geeigneten Stellen Erosionsfurchen (Karren), und je mehr Material von den Rändern zur Tiefe gebracht wird, desto mehr verschwindet die Trichterform. Diese wird endlich zur seichten Schüsselform, und schliesslich kann, wenn die Lage günstig ist, auch die ganze Depression verwischt werden. Die Abbildung der Doline bei Repentabor im Küstenlande zeigt eine solche Einsturzdoline in einem späteren Stadium der Umbildung. Eine Unterscheidung zwischen Wasserschlingern (Schlauchhöhlen, Flussschwinden, Ponoren, Katabothren) und Wasserspeiern (Riesenquellen, Kephalarien, Speihöhlen) wurde wiederholt gemacht, es werden jedoch mit diesen Ausdrücken. keine besonderen Höhlenarten, sondern nur der Anfang oder das Ende einer Wasserhöhle bezeichnet. Unter letzteren versteht man überhaupt Höhlen mit fliessendem Wasser; durch jede Ritze in der Decke, welche mit der Oberwelt kommuniziert, durch weite Schlote oder durch Seitenhöhlen gelangen grössere Mengen Wassers in das Hauptgerinne, so dass das aus

einer Durchflusshöhle ausfliessende Quantum stets grösser ist als jenes, welches man an der Eintrittsstelle einfliessen sah. Ausser den bereits erwähnten Höhlenarten dürften ferner auch fast alle Halbhöhlen oder Nischenhöhlen zu den Erosionshöhlen zu zählen sein. Hierzu kann man auch jene Halbhöhlen rechnen, die durch wirbelndes Wasser oder durch Wirbelwinde erodiert wurden. Wir gelangen zu der dritten Unterart der später gebildeten Höhlen. Höhlenräume können nämlich auch durch Überdeckung von bestehenden Spalten, Klüften, Klammen u. s. w. erzeugt werden, indem abstürzende Felsblöcke über denselben liegen bleiben, oder aber durch das ungemein rasche Wachstum von Quellentuffbildungen. Auch durch vulkanische Eruptionen können Überdeckungshöhlen in einzelnen seltenen Fällen erzeugt werden; dann greifen sie aber in die Klasse der ursprünglichen Höhlen über. In die Kategorie der Überdeckungshöhlen gehören auch diejenigen zumeist kleinen Höhlen, welche sich zwischen den Felsblöcken der Bergstürze befinden, und die häufig abnorme Temperatur besitzen. Mit ihnen verwandt, aber eigentlich zumeist nicht mehr zu den Höhlen zu zählen, sind Windlöcher, Windröhren und Eisansammlungen in lockerem Schutte.

Die dritte Hauptart der Höhlen bilden die künstlichen Höhlen, welche nicht minder mannigfaltig sind als die natürlichen. Zu ihnen gehören alle sogenannten Erdställe, die fast ausschliesslich im Lösse und Lehme gegraben sind, deren Anzahl weit beträchtlicher sein dürfte, als man glaubt. Die meisten davon sind in Niederösterreich und in Bayern entdeckt worden. Die Decken der niederösterreichischen Erdställe bilden vielfach Tonnengewölbe, bei den bayerischen herrscht zumeist die Spitzbogenform vor, ebenso bei den Erdställen in Mähren. In besonders grosser Anzahl finden sich künstliche Wohnungen im Lösse in China. Auch die künstlich erweiterten Höhlen können in diese Klasse einbezogen werden, ebenso alle Bergwerke, alle bergmännisch abgebauten Steinbrüche und alle für Kultus-, Begräbnis- oder Verteidigungszwecke eingerichteten künstlichen oder umgestalteten natürlichen Höhlen.

Die Höhlen, unterirdischen Wasser und Quellen hat E. A. Martel in einem neuen grossen Werke auf Grund seiner eigenen Forschungen während der Jahre 1888 bis 1893 in Frankreich, Belgien, Österreich und Griechenland dargestellt[1]). Er stellt in demselben zunächst die Aufgabe der wissenschaftlichen Höhlenforschung dar und beschreibt dann eine Anzahl interessanter, grösstenteils von ihm selbst durchforschter Lokalitäten. Zunächst die Vaucluse (vallis clausa, valclos), eine im Oberlaufe kesselförmig abgeschlossene Gebirgsschlucht im französischen Departement

---

[1]) Les Abîmes, les eaux souterraines, les cavernes, les sources etc. par E. A. Martel, Paris 1895. Ausführliche Besprechung in Mitteilungen der k. k. geographischen Gesellschaft in Wien 1895. p. 481, woraus oben der Text.

gleichen Namens, unweit dem Zusammenlaufe der Durance mit der Rhône. Eine mächtige Höhlenquelle entspringt dort am Fusse der 200 *m* hohen Kesselwand aus unzugänglichen Tiefen, ohne dass es früher gelungen wäre, dieses Problem entscheidend zu lösen. Martel widmete diesem seltsamen Objekte und seiner nahen und weiten Umgebung sehr grosse Aufmerksamkeit. Zufolge mehrfacher Einfahrten in die Naturschächte und Abgründe des dortigen Gebirgsplateaus gewann Martel die Überzeugung von der auf dem Karste vielortig konstatierten Thatsache, dass nicht alle solchen Abgründe, wie theoretisch hin und wieder angenommen wurde, eine direkte freie Verbindung mit unterirdischen Wasserläufen vorstellen; dass selbst die tiefsten dieser Erosionsschlote und vertikalen, durch Erosion successive zu Naturschächten erweiterten Gebirgsklüfte nicht selten am Boden mit einigen Seitenklüften und engen Spalten in einem gänzlich ungestörten, gleichartigen Gebirge weiterführen, ohne dass die weitere Kommunikation nach der Tiefe durch einen lokalen Einsturz abgeschlossen würde. Andere Naturschächte sind wohl im Laufe der Jahrhunderte durch verschieden mächtige Lagen von Gesteinstrümmern nach der Tiefe hin verschüttet, ohne dass man die Mächtigkeit des Trümmergesteins irgendwie beurteilen könnte. An keiner Stelle ist es Martel möglich gewesen, eine freie Verbindung mit den unterirdischen Wasserhöhlen der grossen Quelle von Vaucluse ausfindig zu machen. Wie diese Höhlengänge beschaffen sein dürften, ist die Aufgabe der weiteren Forschungen.

Speziell wird ferner Bramabiau mit seinem unterirdischen Flusslaufe und Labyrinthe von Höhlengängen besprochen. Man wusste schon seit älteren Forschungen, dass der Fluss »Le Bonheur« den Oberlauf des Höhlenflusses »Bramabiau« bildet. Auch waren Teilstrecken dieses unterirdischen Wasserlaufes bekannt. Doch es fehlte die planmässige Darstellung dieser seltsamen Kommunikation. Obwohl die Verbindungsstrecke nur ca. 800 *m* entlang des mittleren Höhlenganges beträgt, und das Gefälle dieser Strecke ca. 90 *m* ausmacht, repräsentiert dessenungeachtet die von Martel und seinen Begleitern am 28. Juni 1888 bewältigte, erste Durchfahrt eine technisch-wissenschaftliche Errungenschaft. Diese unterirdische Durchfahrt aus einem Kesselthale in ein benachbartes ist die erste, von welcher die einschlägigen Forschungsergebnisse bisher berichtet haben. Natürlicherweise kommt hier die geringere Länge und das grosse relative Gefälle des unterirdischen Wasserlaufes dem Werke sehr zu statten, nachdem anderweitige Höhlenbäche und -flüsse bereits auf 3 und 4 *km* Längen befahren und kartographisch aufgenommen wurden, ohne die Durchfahrt erreicht zu haben.

Das wahrhaftige Höhlenlabyrinth von Bramabiau, mit seinen meandrisch entwickelten Seitengängen und Abzweigungen hat nach den vom Jahre 1888 bis 1892 gepflogenen Aufnahmen und Messungen Martel's eine Gesamtlänge von 6350 *m* und ist daher

die grösste der bisher bekannten Höhlen Frankreichs. Unter den europäischen Höhlenrevieren findet Bramabiau nach Adelsberg in Krain (10 *km*), Agtelek in Ungarn (8.7 *km*), Kleinhäusel-Planina in Krain (7 *km*) den vierten Platz und übertrifft an Länge die Höhlungen von Han sur Lesse in Belgien (5 *km*).

Von den Abgründen der Gegenden Le Causse Noir, la Dourbie et la Jonte sagt Martel, dass dieselben entweder abgeschlossen sind oder durch unpassierbare Spalten nach der Tiefe führen. Zum Schlusse dieses Kapitels giebt Martel seiner Überzeugung Ausdruck, dass die Wiederbewaldung, bezw. die Aufforstung dieser Gegenden das einzige Mittel sei, die Unwirtlichkeit und Ertragslosigkeit des sozusagen verkarsteten Gebietes schon mit Rücksicht auf das Regime der Gewässer zu beheben.

Mit anologen Erscheinungen wie »Le Causse Noir« betont Martel die noch zu bewältigenden Arbeiten, behufs Durchforschung von Abgründen und die Lösung des Problems der rechtsufrigen Quellen des Tarnflusses.

Der Abgrund und der unterirdische Fluss von Tindoul bilden ein noch ungelöstes Problem, welches grössere Schwierigkeiten bieten dürfte. Als eine besondere Naturseltenheit wird ferner das unterirdische Delta der Quellen von Salles la Source bezeichnet. Martel bespricht hier ferner die Gefahren ähnlicher Forschungen und bezeichnet die Höhlungen als eine grossartige Drainage des Plateaus.

Der unterirdische Wasserlauf, welchen Martel in der Tiefe des Abgrundes von Padirac im Jahre 1889 entdeckt und darauffolgend im Jahre 1890 sehr genauen Durchforschungen unterzogen hat, liegt ca. 100 bis 120 *m* unter dem Gebirgsplateau und zeigt eine Länge von ungefähr 3 *km* bei dem geringem Gefälle von ca. 30 *m*. Schon aus der Darstellung der lokalen Verhältnisse, sowohl derjenigen des kolossalen Abgrundes, welcher die einzige Kommunikation nach der Tiefe bildet, als auch insbesondere der jede Phantasie übertreffenden Szenerien des unterirdischen Wasserlaufes gewinnt man die Überzeugung, dass Padirac eines der grossartigsten Studienobjekte Martel's gewesen ist. Derselbe wählt deshalb auch Padirac mit grosser Vorliebe als Objekt für seine vergleichenden Studien am österreichischen Karste und lässt dadurch wohl die Grossartigkeit der Karsthöhlen im besten Lichte erscheinen. Aus seinen detaillierten Beschreibungen des unterirdischen Wasserlaufes von Padirac gewinnt man aber auch ferner die Überzeugung, dass daselbst im Vergleiche zu den seltsam unterbrochenen Karsthöhlenflüssen nur die lokalen Sickerwässer des Gebirgsplateaus eine mit der Jahreszeit wechselnde Ansammlung finden, dass ferner in den imposanten Gallerien der Höhle von Padirac Demonstrationsobjekte für das hydrologische Studium über die unterirdisch zirkulierenden Quellwässer gelegen sind, doch befindet sich hier keineswegs ein analoger Höhlenfluss wie die Reka (Recca) von St. Canzian oder die Poik von Adelsberg oder dergl. m.

Auch in geologischer Beziehung verdient Padirac eine nähere Betrachtung, und sind hier speziell neben dem Schichtenprofile und dem Höhlenverlaufe auch die von Martel mit »Gours« bezeichneten Sinterbildungen, die quer über den unterirdischen Wasserlauf, analog den Tropfbrunnen und Sinterbecken der Karsthöhlen, von einer Höhlenwand zur anderen ihre vollkommen horizontale Entstehung (Horizontalbildungen) zeigen. Auch diese »Gours«, resp. horizontale Sinterbildungen sind ein wichtiges Kriterium dafür, dass der bezügliche Höhlengang nur äusserst selten von höheren Wasserständen heimgesucht wird und dass vorwiegend die längste Zeit des Jahres sehr langsames Überrieseln dieser Sinterbildungen mit spezifisch kalkhaltigeren Tropfwässern stattfinden muss, nachdem die Entstehung solcher Sinterungen nur auf diese Weise ermöglicht ist.

Ein besonderes Kapitel handelt von den Abgründen und Naturschächten im Gebiete von »le Causse de Gramat«, welche hier mit dem Provinzialismus »les Igues« bezeichnet werden. Demnach sind die Bezeichnungen les Gouffres, les Abîmes, les Avens und les Igues die gleichbedeutenden Ausdrücke für die Naturschächte und Abgründe des Karstes. Von den zahlreichen Abgründen, die der Verf. näher untersuchte, waren mit Ausnahme desjenigen von Combettes alle übrigen ohne direkten Zusammenhang mit unterirdischen Wasserläufen, wenn auch einzelne derselben bei grösserer Tiefe von Sickerwässern und kleinen Höhlenquellen durchzogen werden. Verf. giebt neben der Beschreibung einiger Grotten des Gebietes von Gramat auch die Aufzählung von mehreren grossen Quellen. Unter diesen ist besonders bemerkenswert die wasserreiche Quelle von Meyraguet, die als wie ein kleiner Fluss am linken Ufer der Dordogne bei Souillac unmittelbar im Niveau einmündet.

Den Grotten Belgiens widmet Martel ein besonderes Kapitel. Sie haben seit längerer Zeit die Aufmerksamkeit der Geologen auf sich gelenkt. Insbesondere sind die Höhlen von Rochefort, Han sur Lesse und Remonchamps den eingehendsten Studien unterzogen worden. Auch in diesen Höhlungen und unterirdischen Wasserläufen wurde die am Karste in Krain zuerst gemachte Wahrnehmung bestätigt, dass die Gebirgsscheidungen und Schichtenspalten den generellen Verlauf des Höhlengewässers in sich schliessen, und dass die unterirdischen Wasserläufe im Laufe der Jahrtausende aus den ursprünglichen Gebirgsklüften durch die verborgene Erosion und Korrosion die gegenwärtigen Grotten und Höhlen successive erweitert und vertieft haben.

Über die vergleichenden Studien in den Karsthöhlen schreibt Martel in äusserst fesselnder Weise, indem er bemerkt, nur die sehenswürdigsten Objekte des Karstes in aphoristischer Form in Betracht zu ziehen. Als Einleitung findet man die berechtigte Verallgemeinerung des sogenannten Karstphänomens als des Phänomens der Kalkformation, weil die Kalksteine der verschiedensten geolo-

gischen Altersstufen im allgemeinen dieselben Erscheinungen an sich tragen.

Eingehend befasst sich Martel mit den Höhlen und den unterirdischen Flussläufen von Adelsberg, Planina, Zirknitz und St. Canzian bei Divača. Er sagt: »Diese beiden Höhlenflüsse, die Laibach im Norden, die Reka im Süden, repräsentieren die grossartigsten Naturerscheinungen des Karstes.« Martel gebührt ferner das grosse Verdienst, durch eine dreitägige und dabei höchst gefährliche Expedition die Durchfahrt von der Adelsberger Grotte entlang des unterirdischen Poiklaufes zur Ottokergrotte und von hier weiter zum Magdalenanaturschachte im September (1894) bewerkstelligt zu haben. Einzelne Teilstrecken dieses unterirdischen Wasserlaufes sind zwar schon bekannt gewesen, doch fehlte bisher eine zusammenhängende Planskizze darüber, wie und wo die benachbarten Höhlengänge gelegen sind, nachdem die neueren Aufnahmen bisher nur teilweise veröffentlicht worden sind. Er bemerkt noch hierzu, dass für die lokalen Forschungen ein grosses Feld der Thätigkeit eröffnet wurde. Seine Aphorismen berühren nur die sehenswürdigsten Objekte des Karstes. Von den Höhleneinstürzen und partiellen Deckenbrüchen an den Höhlungen des Rackbaches in den Fürst Windischgrätzhöhlen bei Rakek-Maunitz, das ist bei St. Canzian in den Haasberger Forsten, schreibt Martel: »Ich kenne nichts Grossartigeres, als diese Gegend darbietet.« Anderseits apostrophiert Martel die Rekahöhlen von St. Canzian am Karste, »als die riesigsten Höhlungen« die überhaupt existieren, von deren gigantischen, fast unglaublichen Dimensionen selbst die naturgetreuesten Bilder nur eine schwache Vorstellung hervorbringen können.

Gegenwärtig ist der unterirdische Rekafluss erst auf eine Länge von 2100 *m* durchforscht. Das untere Ende dieses Höhlenflusses wird von einem Syphon gebildet, dessen Bewältigung oder Umgehung auf das nächste Arbeitsprogramm gesetzt werden muss, um jenseits desselben die Höhlenfahrten wieder aufnehmen zu können. Bis zum Timavo, der nach allem Anscheine die Rekamündung vorstellen dürfte, beträgt der Weg in gerader Linie ca. 36 *km*. Wohin der weitere Höhlenlauf der Reka im Hintergrunde jenes Syphons sich entwickelt, ist heute noch ein sehr schwieriges Problem geblieben, obwohl bereits seit längerer Zeit eine systematische Forschung nach diesem unterirdischen Wasserlaufe durchgeführt wurde, deren zumeist negativen Resultate immerhin nicht zu verkennen sind.

Die Wasserschlünde von Griechenland führen den Namen »katavothra« zum Unterschiede von »képhalaria«, den Höhlenquellen. Martel bemerkt, dass die Reinhaltung der Wasserschlünde schon im klassischen Altertume mit grösster Sorgfalt vorgenommen wurde. Die Vernachlässigung derselben hat in vielen Gegenden Griechenlands die einstigen Sümpfe wieder hervorgebracht. Seit dem Jahre 1892 werden daselbst nähere Durchforschungen der unter-

irdischen Räume vorgenommen. Infolge der kurzen Zeit konnten naturgemäss keine besonderen Leistungen auf diesem Gebiete erzielt werden, obwohl die bewältigten Arbeiten immerhin einen sehr günstigen Anfang bilden, da gerade am Peloponnes diese hydrologischen Studien eine grosse Tragweite für die landwirtschaftlichen Ameliorationen mit sich bringen dürften.

Über die Entstehung der Abgründe bemerkt Martel unter Hinweis auf die verschiedenen Formen und Gestalten derselben, dass es nicht zulässig ist, die Ursachen zu verkennen, und irgend eine der bestehenden Theorien als allgemein giltig zu bezeichnen. Dieser Anschauung dürfte ohne Zweifel jedermann beipflichten, da die Theorien über einzelne konkrete Fälle nicht überall eine ausschliessliche Bestätigung finden können.

Auf Grund der neuesten Durchforschungen der Abgründe und Höhlen gelangt Martel zu dem Schlusse, dass die gesamten unterirdischen Wässer nur von der Erdoberfläche herrühren, und auf ihren mannigfaltigen Bahnen dem allgemeinen Gravitationsgesetze folgen. Wie seltsam ist die Erscheinung der Meermühlen von Argostoli, als Abfluss aus dem Meere unter die Insel Kaphallenia, und dennoch folgen auch hier die Wässer nur dem Gesetze der Schwerkraft nach unterirdischen Räumen und Erdbebenspalten. Ausserordentlich lehrreich ist ferner die Betrachtung über die Beschaffenheit des Untergrundes mit Rücksicht auf die quantitativen und qualitativen Verhältnisse der unterirdischen Wässer.

Durch die vielseitigen Höhlenforschungen findet man deutliche Beweise dafür, dass die Entstehung der Höhlen in ähnlicher Weise wie die der Abgründe auf ursprüngliche Spalten und Gebirgsklüfte zurückzuführen ist. Die unterirdischen Wässer vermögen mit ihren chemischen und mechanischen Wirkungen im Laufe der Jahrtausende wohl nur früher vorhandene Bahnen zu erweitern. Die Entstehungsursachen der ursprünglichen Gebirgsspalten und Klüfte, sowie grösserer unterirdischer Räume können sehr verschiedener Natur sein. Thatsächlich konnte das Gewässer nur den vorgezeichneten Bahnen folgen.

Martel bezeichnet die Quellen als die Tagmündungen der unterirdischen Gewässer und teilt dieselben nach der Beschaffenheit, sowie nach der Art und Weise ihrer Mündung von verschiedenen Gesichtspunkten ein. Durch die richtige Erkenntnis der Wechselbeziehung zwischen der Oberfläche und dem Untergrunde vermag man erst zu ermessen, welche Bedeutung die Waldvegetation auf den Niederschlagsgebieten von Trinkwasserquellen mit sich trägt.

Nach der gedrängten Darstellung der älteren und neueren Theorien über den grossartigen Ursprung des wahrhaftigen Quellflusses von Vaucluse begründet Martel die Richtigkeit der Schlussfolgerungen aus den meteorologischen Beobachtungen, welche zur Erklärung der Wasserstandsverhältnisse dieser Quelle von 1874 bis 1892 gesammelt wurden, auf die Weise, dass der unterirdische

Wasserlauf, der an dieser Quelle ausmündet, von höchst ansehnlichen Dimensionen sein müsse, und den anderweitig bekannten Höhlenflüssen sehr ähnlich gestaltet sein dürfte, so dass die lokalen Erscheinungen eine ziemlich einfache Erklärung durch die analogen Verhältnisse solcher Wasserhöhlen finden würden.

10. Flüsse.

Untersuchungen über die tägliche Periode der Wasserführung und die Bewegung von Hochfluten in der oberen Rhone auf Grund der Beobachtungen des Eidgenössischen Hydrometrischen Bureaus hat Prof. E. Brückner angestellt[1]). Bekannt ist die tägliche Periode der Wasserführung an Gletscherbächen schon lange; Messungen liegen aber noch wenig vor. Horace Benedict de Saussure war der erste, der exakte Beobachtungen anstellte. Auf seinem Landgute in Conches bei Genf konstatierte er vor 100 Jahren, dass die Arve im Sommer morgens 13.5—16.2 *cm* höher steht als am Abende, und erklärte das so späte Eintreffen des Maximums durch den langen Weg, den die Schmelzwasser von den Gletschern bis Genf zurückzulegen haben. Seine Arbeit geriet leider vollkommen in Vergessenheit. 50 Jahre später, 1845 und 1846, mass Dollfus die Erscheinung in der Aare bei ihrem Austritte aus dem Unteraargletscher und am Bache des Triftgletschers. An der Aare war die Wasserführung um 10^h a. m. am kleinsten, in den Abendstunden am grössten; am Bache des Triftgletschers fiel dagegen das Maximum schon auf 3^h p. m.

Gelegentliche Beobachtungen stellte Fritsch an der Salzach bei Salzburg an; er fand den Hochstand am Morgen. Ja, er erkannte an der Wien, dass auch Bäche des Mittelgebirges zur Zeit der Schneeschmelze eine tägliche Schwankung aufweisen können. »Die tägliche Periode des Wasserstandes der Flüsse, wenigstens im Oberlaufe derselben, und solange ihr Quellengebiet noch mit Schnee bedeckt ist, welcher einer hinreichend raschen Auflösung infolge von Insolationswärme ausgesetzt ist, unterliegt gar keinem Zweifel.« Auch Prettner beobachtete die tägliche Periode an der Drau.

Alle diese Beobachtungen erstrecken sich jedoch nur auf wenige Tage. Einen längeren Zeitraum umfassen die Pegelbeobachtungen des Deutschen und Österreichischen Alpenvereines an der Venter Ache im Ötzthale, über die S. Finsterwalder berichtet. Die Messungen werden um 7^h a. m. und 5^h p. m., d. i. ungefähr zur Zeit des tiefsten, bezw. höchsten Wasserstandes, gemacht. Die Tagesamplitude in der Wasserführung zwischen Morgen und Abend beträgt im Sommer 17 % und ist auch im Winter angedeutet.

Von Wichtigkeit ist daher die vom Eidgen. Hydrom. Bureau eingerichtete Pegelstation zu Gletsch, unmittelbar am Austritte der

[1]) Petermann's Mitteilungen 1895. p. 129 u. ff.

Rhone aus dem Rhonegletscher (1758 *m* Seehöhe), von der tägliche Beobachtungen, die Zeit vom Mai 1893 bis Juni 1894 umfassend, dem Verf. vorlagen. »Es ergab sich zunächst, dass nicht nur im Sommer, sondern in allen Monaten eine tägliche Periode vorhanden ist. In den Sommermonaten ist die Schwankung sehr scharf ausgesprochen; den tiefsten Stand unter den drei Terminen ergiebt die Beobachtung um 8^h a. m., den höchsten die um 5^h p. m. Ob im Sommer wirklich das Maximum des Tages auf 5^h p. m. fällt und nicht vielleicht etwas später, ist freilich nicht zu erkennen; dass es sich jedoch in der Mehrzahl der Monate nicht weit von dieser Stunde entfernt, darauf weisen vereinzelte Beobachtungen, die um 11 Uhr abends gemacht worden sind.

Danach fällt das Maximum nur im Juni, dem Monate mit den längsten Tagen, erheblich später, im August und September dagegen nur wenig später als 5^h p. m. Für den Juni dürfen wir daher die späten Abendstunden als Zeit des Maximums ansetzen, für August und September aber etwa 6^h p. m.

Die Amplitude, d. h. die Differenz zwischen 8^h a. m. und 5^h p. m., bezw. 1^h p. m., beträgt im Durchschnitte der Monate Juni, Juli und August fast 8 *cm* und ist im August (12 *cm*) am grössten; sie vermindert sich dann plötzlich im September (2.5 *cm*) und ist in allen anderen Monaten kleiner als 2 *cm*, ja vom Oktober bis zum Februar noch nicht 1 *cm*, verschwindet aber auch dann nicht ganz. Wohl aber zeigt sich eine Änderung in der Lage des Maximums: es fällt nicht mehr auf die späten Nachmittagsstunden, sondern bald nach Mittag.

Die Ursache der täglichen Periode in den Monaten, wo ein Schmelzen der Gletscher stattfindet, liegt auf der Hand. Die Lage des Maximums entspricht hier durchaus dem, was man erwartet. Etwas unerwartet ist dagegen die deutliche tägliche Periode des Wasserstandes in den Wintermonaten, die jedoch ähnlich auch schon von Finsterwalder an der Venter Ache gefunden worden ist. Dass auch sie nur eine Folge der täglichen Periode der Ablation sein kann, leuchtet von vornherein ein. Es findet also in 1800 *m* Höhe auch im Winter um die Mittagszeit ein Schmelzen statt. Die grosse Zahl klarer Wintertage, die im Gebirge beobachtet werden, spielt hier ohne Frage eine Rolle. Da jedoch keine nennenswerte Verspätung des Maximums der Wasserführung hinter dem der vom Sonnenstande abhängigen Ablation zu spüren ist, so kann das Schmelzwasser unmöglich weit herkommen. Es muss von den untersten, dem Gletscherbache unmittelbar benachbarten und zum Teile wohl gar nicht auf dem Gletscher, sondern auf dem alten Gletscherboden liegenden jungen Schneeflächen stammen. Das soll nicht heissen, dass die Schmelzung überhaupt nur auf diese Flächen beschränkt sei; sie findet vielmehr überall an der Schneeoberfläche statt. Allein das Wasser versickert im Schnee, fliesst hier zwischen den einzelnen Schnee- oder Firnkörnern nur langsam,

da es überall nur spärlich vorhanden ist, und dürfte bereits in nicht zu grosser Entfernung vom Orte der Schmelzung in der Nacht wieder gefrieren, ehe es den Bach erreicht hat.«

»Am Bache des Rhonegletschers ist die tägliche Periode des Wasserstandes als Folge der Schmelzung auf das schärfste ausgesprochen; nicht anders dürfte es bei allen Gletscherbächen im Einzugsgebiete der Rhone sein. Es entsteht nun die Frage: Wie weit macht sich diese tägliche Periode der zufliessenden Gletscherbäche im Hauptstrome selbst thalabwärts geltend? Findet bald eine Ausgleichung statt oder nicht? An der benachbarten Arve fehlt, nach den Beobachtungen von Saussure, ein solcher Ausgleich. Allein da die Gletscher hier alle einander dicht benachbart und auf das Gebiet des Montblanc beschränkt sind, so kann man daraus nicht direkt auf die Verhältnisse an der Rhone schliessen. Zwar haben im Rhonegebiete alle Gletscherbäche dort, wo sie aus den Gletschern austreten, ungefähr gleichzeitig ihr Hochwasser, aber da die Länge des Weges, den sie bis zu ihrer Einmündung in den Hauptfluss zurückzulegen haben, sehr verschieden ist, so sollten die Hochwasser der verschiedenen Gletscherbäche zu ganz verschiedenen Zeiten durch dasselbe Querprofil des Hauptflusses gehen und daher einander gegenseitig zum Teile aufheben. Statt dessen sehen wir das gerade Gegenteil eintreten: auch der Hauptfluss hat auf seiner ganzen Erstreckung bis zu seinem Eintritte in den Genfersee eine deutliche tägliche Periode des Wasserstandes. Ingenieur J. Epper hat die Existenz dieser Periode bei seinen hydrometrischen Arbeiten erkannt und zum Studium der täglichen Periode die amtlichen Pegelstationen zu Sitten und zu Porte du Scex mit Limnigraphen ausgerüstet.«

Das so erhaltene wertvolle Material zur Untersuchung des Wasserstandes der Rhone hat Prof. Brückner ebenfalls bearbeitet. Die Beobachtungen, welche er benutzte, umfassen die Zeit von 1891 bis Mitte 1894. Es wurden zur Ableitung der täglichen Periode nur solche Beobachtungstage benutzt, an denen eine tägliche Periode überhaupt erkennbar war, was für Sitten ausserordentlich häufig eintrat, weniger für das flussabwärts gelegene Porte de Scex. »Sehr deutlich ist der Einfluss des Wetters auf die tägliche Periode, sowohl auf ihre Existenz wie auch besonders auf ihre Amplitude, zu spüren. Ist das Wetter heiter und warm, so ist die Schwankung gross, dabei steigt der Wasserstand. Tritt Trübung ein, so bleibt die Schwankung noch bestehen, wenn auch geschwächt, der Wasserstand sinkt; das ist auch noch bei beginnendem Regen der Fall; erst wenn das Regenwetter eine Zeitlang gedauert hat, verschwindet die Periode, und erfolgt ein starkes Ansteigen. Nur bei heftigen Regen, z. B. bei ausgedehnten Gewitterregen, tritt das Steigen fast ohne Verzug ein.

Von besonderem Interesse ist die zeitliche Lage der Extreme. Der höchste Wasserstand fällt in Sitten auf die Stunden um Mitter-

nacht, in Porte du Scex auf die Morgenstunden, der tiefste in Sitten auf die Nachmittagsstunden, in Porte du Scex auf die Abendstunden. Charakteristisch ist, dass die Zeiten beider Extreme sich deutlich von einem Monate zum anderen verschieben. Sie verfrühen sich vom Mai, bezw. April immer mehr und fallen am frühesten im August — das Maximum in Sitten zwei Stunden vor Mitternacht, in Porte du Scex $4^1/_4$ Stunden nach Mitternacht, das Minimum $^1/_2$ Stunde nach Mittag, bezw. 5 Stunden nach Mittag; im September und noch mehr im Oktober ist ein deutliches Verspäten zu spüren. Nur der März und die erste Hälfte des April bilden eine Ausnahme: in diesen Monaten ereignen sich in Porte du Scex die Extreme früher als in allen anderen, nämlich das Maximum um 2^h morgens und das Minimum um $3^1/_2{}^h$ nachmittags.

Bemerkenswert ist, dass das Wasser zum Fallen längere Zeit braucht als zum Steigen. Die Kurve des Wasserstandes liegt nicht symmetrisch zum höchsten Stande, der aufsteigende Ast ist steiler als der absteigende. Besonders in Sitten ist das sehr scharf ausgesprochen, und hier wieder besonders in den Monaten August und September. Im Durchschnitte dauert in Sitten das Steigen zehn Stunden, das Fallen 14 Stunden, in Porte du Scex aber $11^1/_2$ und $12^1/_2$ Stunden. Im August sind die Zahlen für Sitten $9^1/_2$ und $14^1/_2$, für Porte du Scex 11 und 13 Stunden. In Porte du Scex hat sich also der Gegensatz erheblich abgeschwächt. Die ganze Erscheinung erinnert unwillkürlich an die Fortpflanzung von Hochfluten in Gerinnen, wie sie z. B. Honsell studiert hat. Auch hier ist die Vorderseite der Hochflut steil, die Rückseite relativ flach, und auch hier verliert sich der Gegensatz im Verlaufe der Flutwelle abwärts immer mehr.«

Die Ursache der täglichen Schwankung des Wasserstandes ist in der täglichen Periode des Schmelzens der Gletscher und in den Frühlings- und Herbstmonaten auch der Schneemassen ausserhalb der Gletscherregion zu suchen.

»Die tägliche Periode der Wasserführung ist eine Erscheinung, die keineswegs nur den Gletscherbächen zukommt; sie findet sich vielmehr, wie schon Fritsch vermutete, bei allen Alpenflüssen, so lange sie Schmelzwasser erhalten. Sie erreicht ihre grösste Stärke jeweilen dann, wenn die tägliche Periode der Abschmelzung in dem betreffenden Gebiete am grössten ist, daher in Flüssen, deren Einzugsgebiet tief gelegen ist, in den Wintermonaten, in solchen, deren Einzugsgebiet höher emporreicht, im Frühlinge und Frühsommer, endlich in Gletscherbächen im Hochsommer. Selbst in den grossen Flüssen der Alpen verschwindet sie nicht. Die Arve bei Genf, die Rhone bis zu ihrer Mündung in den Genfersee, die Aare bis zum Brienzersee, die Reuss bis zum Vierwaldstättersee, der Rhein bei der Tardisbrücke, die Salzach bei Salzburg, endlich die Drau bei der Gurkmündung zeigen sie deutlich, besonders im Hochsommer. Ihre Existenz in diesen grossen Strömen legt ein beredtes Zeugnis

von der riesenhaften Geschwindigkeit ab, mit der die Entwässerung der Alpen durch die Flüsse sich vollzieht. Weit über 100 Jahre braucht ein Eisteilchen, um von der Spitze der Jungfrau bis zum Ende des Aletschgletschers, nur 29 *km*, herab zu gelangen. In noch nicht zwölf Stunden legt es geschmolzen den 130 *km* langen Weg vom Ende des Gletschers bis zum Genfersee zurück, um dann volle 11 Jahre in diesem zu verweilen, ehe es seine Reise weiter zum Mittelmeere antritt. Der Gegensatz zwischen den Gletschern und Seen der Alpen, diesen riesigen Wasserreservoiren, und den Flüssen, diesen mächtigen Abzugskanälen, kann nicht drastischer vor Augen geführt werden als durch diese Zahlen.«

Die Quelle der Wolga. E. P. Wischnjakow hat das Quellgebiet der Wolga bereist und den wahren Ursprung dieses grossen Stromes festgestellt. Über seine (in russischer Sprache erschienene) Arbeit liegt folgendes Referat vor[1]. »Wischnjakow kommt zu dem Schlusse, dass der eigentliche Ursprung des grossen Stromes in einer unscheinbaren Quelle am Rande einer morastigen Wiese in einer zwischen niedrigen Hügeln eingebetteten Sumpflandschaft dicht beim Dörfchen Wolgawerchówje unzweifelhaft anzunehmen sei. Die bekannte Spezialkarte im Atlasse von Ragosin nennt zwei Quellflüsse: 1. den von Wischnjakow als wirklicher oberster Lauf der Wolga angenommenen Wasserlauf; 2. den Fluss Runa, der auf genannter Karte ebenfalls den Namen Wolga trägt. Abwärts des Ortes Wolgawerchówje zieht sich der Wolgabach, zwischen der hohen Sumpfvegetation kaum erkennbar, als schmale Wasserrinne durch eine Kette von kleinen Sumpfseen und morastigen Niederungen bis zum nördlichen Ende des Sees Stersch. Wie die umwohnenden Fischer berichten, vermischt sich das dunklere Wolgawasser nicht mit dem helleren des Sees, sondern fliesst als schmaler Streifen mitten durch letzteren hindurch. Der See, zehn Werst lang und $1^1/_2$ Werst breit, ist ringsum schön bewaldet; in den zahlreichen Ortschaften längs seiner Ufer wohnen vorwiegend Waldarbeiter und Flösser. Dicht unterhalb des Austrittes der Wolga aus dem See nimmt sie von Westen ihren ersten grösseren Zufluss, die Runa, auf, welche die Wolga an Lauflänge und Wassermenge erheblich übertrifft und deshalb, wie erwähnt, vielfach für den eigentlichen Quellfluss angesehen wird. Bereits zwei Werst südöstlich des Zusammenflusses von Runa und Wolga tritt letztere in die fast 20 *km* lange Kette der Seen Owseluk und Pjono ein. Die nur dünn bewohnten Ufer dieser Seen sind von mächtigen Nadelwaldungen umrahmt; inmitten des Sees Owseluk liegt auf einer kleinen Insel das Kloster Nowosolowjesk in weltabgeschiedener Einsamkeit. Kurz nach dem Austritte der Wolga aus dem See Pjono wendet sie sich in scharfer Krümmung ostwärts und wird nach Vereinigung mit der wasser-

[1] Petermann's Mitteilungen 1895. Heft 6. Litteraturbericht Nr. 442.

reichen Schukopa, die ihr von Süden her zuströmt, auch für starke Flösse schiffbar. Als ansehnlicher Fluss durchfliesst sie eine breite Wiesenniederung, die der Reisende bei seinem Besuche weithin überschwemmt fand, und nimmt, nachdem sie den Wolgasee durchflossen hat, bei Selischarow, wo ihr die Selischarowka von Nordwesten her die Wasser des Seligersees zuführt, den Charakter eines für mittlere Lastschiffe befahrbaren Wasserlaufes an.»

Die hydrographischen Verhältnisse im Gebiete von Olonez[1]. Nach den Untersuchungen von Kulikowski im Sommer 1891 sind diese Verhältnisse höchst eigentümlicher Art, wie folgender Auszug aus diesem Berichte lehrt. Es giebt dort Flüsse, die nicht immer nach ein und derselben Richtung laufen, sondern zeitweilig eine entgegengesetzte annehmen, wie z. B. die Dolgoserka im Kreise Lodcinoje-Polje, die Schuja im Kreise Petrosawodsk; ferner Flüsse, die im Winter nicht zufrieren, an welchen Zugvögel überwintern; es finden sich solche im Kreise Kargopol; endlich Flüsse, die im Winter ihre Eisdecke abwerfen und plötzlich wieder zufrieren. Die Schuja z. B. entspringt in Finland und nimmt kurz vor ihrem Einfalle in den Onegasee einen Zufluss aus dem See Ukschosero auf, der im Laufe des Jahres mehrmals seine Richtung ändert und in den Ukschosero zurückläuft. Im Winter wird das Eis blau, birst, wird überflutet, schmilzt, und aus dem Flusse strömt Dampf. Auch die Schuja selbst geht im Winter auf 2, 3, sogar 7 *km* in ihrem unteren Laufe auf. Sowie aber der Zufluss in den Ukschosero zurückläuft, friert sie plötzlich in einer Nacht wieder zu. Dieses aufeinanderfolgende Aufgehen und Zufrieren erklärt sich wohl dadurch, dass auf dem Boden des Sees in der Nähe des oberen Flussufers sich Quellen befinden, welche sich verändern und nur zeitweise thätig sind. Ist letzteres nicht der Fall, so sinkt der Wasserspiegel des Ukschosero unter das Niveau des Zusammenflusses mit der Schuja, das Wasser fliesst in den See; im umgekehrten Falle nimmt dieselbe eine entgegengesetzte Richtung an. Im Winter ist das wärmere Quellwasser im stande, das Eis des Flusses zum Tauen zu bringen. Es ist unzweifelhaft, dass die Wasseroberfläche des Onegasees einst bei weitem grösser, sein Niveau 19 bis 25 *m* höher gewesen ist als jetzt. Die Gestalt seiner Ufer ändert sich, aus den Buchten bilden sich kleine abgesonderte Seen und Sümpfe. Das Gebiet von Olonez wird überhaupt ärmer an Wasser, indem die vielen dort befindlichen Seen zuwachsen. Letzteres wird durch die Trümmer der Ufer, die Anschwemmungen der Flüsse, sowie durch die dort sich bildenden Moorschwämme und Humusschichten bewirkt. Im allgemeinen sind die Ufer solcher Seesümpfe niedrig und erheben sich kaum über die Wasserfläche; andere bestehen aber auf einer Seite aus senkrecht abfallenden Felsen. Die diesen anliegenden Stellen sind sehr tief; sie wachsen langsamer zu

[1] Gaea 1895. p. 248.

und meistens erst, wenn der übrige Teil des Sees bereits zu einem Sumpfe geworden ist. Man kann hier alle Stadien des Zuwachsens der Seen beobachten. Nach der Ansicht von N. S. Poljakow ist der ganze südöstliche Teil des Gouvernements Olonez auf diese Weise entstanden, und auch die übrigen Kreise verdanken den grössten Teil ihrer Erdoberfläche diesem Umstande.

Das Delta des Indus schildert M. R. Haig[1]), hauptsächlich mit Rücksicht auf die einzelnen Flussarme und deren Veränderung in historischer Zeit. Die Veränderungen des Deltas gegen das Meer hin sind örtlich sehr verschieden, an einzelnen Stellen drängt der Ozean vor, an anderen Punkten soll die Strommündung jährlich bis über 600 *m* (?) hinaus rücken. Nur die Hauptarme führen das ganze Jahr hindurch Wasser, weshalb auch nur an ihnen grössere Orte liegen. Im ersten Jahrhunderte nach Christus werden sieben Arme des Indus erwähnt, von denen indessen nur der mittelste schiffbar war. Auch heute ist der mittlere Strom der Hauptarm, doch hat er sich erst 1758 sein heutiges Bett geschaffen.

Die Beziehungen zwischen meteorologischen und Hochwassererscheinungen der Flüsse. Da die Wasser unserer Flüsse nur den atmosphärischen Niederschlägen entstammen, so ist von selbst klar, dass die Hochwasser, welche sich zu gewissen Zeiten einstellen, von besonderen meteorologischen Bedingungen abhängen. In dieser Beziehung hat man bereits die abenteuerlichsten Hypothesen aufgestellt, und zwar hauptsächlich, um an der Hand derselben eine wenn auch unbestimmte Vorausbestimmung zukünftiger Hochwasser geben zu können. Keine solcher Hypothesen hat sich indessen bewährt, hauptsächlich, weil es bis jetzt noch an Material fehlt, um die verwickelten Bedingungen, durch welche die Hochwasser im einzelnen hervorgerufen werden, nach ihrem gesetzmässigen Auftreten und ihrem Zusammenwirken abschätzen zu können. Wer sich mit dem Gegenstande wissenschaftlich genügend beschäftigt hat, weiss, dass sich das Problem noch am einfachsten bei den Strömen im östlichen Mitteleuropa, der Elbe, Oder und Weichsel, darstellt. Das Sommerhochwasser, welches im Juni und anfangs Juli 1894 die Flussthäler der Oder, Weichsel und einiger Nebenflüsse betroffen hat, veranlasste den Vorsitzenden des Ausschusses zur Untersuchung der Wasserverhältnisse in den der Überschwemmungsgefahr besonders ausgesetzten Flussgebieten, das Bureau dieses Ausschusses mit einer Untersuchung über den Verlauf der Hochfluten und über deren meteorologische Ursachen zu beauftragen. Der hierauf erstattete Bericht ist im amtlichen Teile des Zentralblattes der Bauverwaltung 1894, sowie als besondere Schrift unter dem Titel: »Erläuterung der Beziehungen zwischen meteorologischen und Hochwassererscheinungen im Odergebiete«, von Dr. H. Gravelius, erschienen. Wie

---

[1]) The Indus-Delta-County. London.

vorauszusehen, haben sich diese Beziehungen bei der Oder sehr klar erkennen lassen. Wer sich tagtäglich mit den Witterungszuständen in Mitteleuropa zu beschäftigen hat, kann sich nicht dem Eindrucke entziehen, dass es im Sommer hauptsächlich gewisse, von der Adria herkommende Depressionen sind, die bei ihrem Zuge nach Norden gewaltige Regenmassen niedersenden und dadurch unmittelbar die Junihochwasser der Elbe und Oder und die Augustüberschwemmungen der Weichsel veranlassen. Solchen Zusammenhang hatte bereits 1888 Professor Hellmann vermutet, und durch die obige Untersuchung ist er nunmehr als sicher nachgewiesen worden. Diese Untersuchung erstreckt sich bezüglich der Oder auf den Zeitraum von 1876—1893, und innerhalb dieser 18 Jahre entspricht der Bewegung einer Depression in der bezeichneten Richtung stets ein Sommerhochwasser. Etwas Ähnliches ist nach dem hydrologischen Jahresberichte für die Elbe (1893) ebenfalls nachgewiesen. »Nur muss,« bemerkt Dr. Gravelius, »vor einer sanguinischen Auffassung dieses Ergebnisses gewarnt werden, etwa in dem Sinne, als ob man heute schon, vielleicht unter einiger Vermehrung der Beobachtungsstationen in den in Betracht kommenden Gebieten, in der Lage wäre, auf Grund der dortigen telegraphischen Meldungen von seiten einer Zentralstelle Hochwassermeldungen auszugeben, analog den Sturmwarnungen. Eine grosse Wahrscheinlichkeit spricht für Erreichung dieses Zieles, noch aber ist es nicht erreicht«. Die grössere Schwierigkeit der Voraussagung eines Hochwassers, als etwa eines Sturmes, liegt darin, dass in jenem Falle mehr unbekannte Faktoren in das Problem eingehen, nämlich die Quantität der Niederschläge und die geographische Lage, wo sie hauptsächlich herabkommen. Für das Odergebiet ist, unserer Ansicht nach, das Problem noch am einfachsten und dürften Hochwasserprognosen fast so viele Treffer erreichen wie die Sturmwarnungen. Ganz anders liegen die Verhältnisse beim Rheine. Hier haben die obigen Depressionen natürlich gar keinen Einfluss, es giebt aber auch kaum andere, auf bestimmten Zugstrassen laufende Depressionen, welche den Wasserstand des Rheines in so ausgesprochener Weise, wie solches bei der Oder der Fall ist, beeinflussen. Auch ist unterhalb der Moselmündung ein Einfluss der sommerlichen, stärkeren Wasserzufuhr aus den Alpen wenigstens in den Hochwasserständen nicht ausgesprochen, diese werden fast ausschliesslich durch die Anschwellungen des Neckars, des Mains, der Nahe, Lahn und Mosel bedingt. Aber auf Grund der bisherigen Erfahrungen lässt sich aus dem Steigen des Wasserspiegels im Ober- oder Mittellaufe eines Flusses, wie der Rhein ist, quantitativ nichts Bestimmtes über das Steigen des Wassers im Unterlaufe sagen.

Das Alter der Niagarafälle. Diese berühmtesten aller Wasserfälle haben neben dem touristischen auch ein grosses wissenschaftliches Interesse dadurch, dass man in ihnen eine Art geologischer Zeit-

messer für das Alter der jüngsten Erdepoche seit der Eiszeit besitzt. Schon im vorigen Jahrhunderte hat Ellicot berechnet, dass der Niagara 55000 Jahre gebraucht hat, um den schmalen Kanal von Lewiston bis zu den heutigen Fällen einzuschneiden. Später stellte Sir Charles Lyell hierüber genaue Untersuchungen an und fand ein Alter von 35000 Jahren, wobei er ein durchschnittliches Zurückweichen der Fälle von 1 *m* in drei Jahren annahm. In der letzten Versammlung der amerikanischen Naturforscher zu Brooklyn berichtete J. W. Spencer über seine neuen Untersuchungen bezüglich des Zurückweichens der Niagarafälle. Während man bis dahin das Alter dieser Fälle einfach dadurch bestimmte, dass man den Betrag der Länge der von ihnen ausgewaschenen Schlucht durch den Betrag des jährlichen Zurückweichens dividierte, suchte Spencer auch die verschiedenen Bedingungen, unter denen der Niagara in der Vorzeit arbeitete, zu berücksichtigen. Wenn z. B. in einer gewissen Epoche die Höhe des Falles nur halb so gross war als heute, oder wenn die Wassermasse etwa bloss ein Viertel der heutigen betrug, so muss notwendig die Geschwindigkeit des Zurückweichens der Fälle geringer gewesen sein, dagegen war sie notwendig grösser, wenn etwa bei gleicher Höhe voreinst eine grössere Wassermasse über die Felswand herabstürzte. Die Untersuchung von Spencer führte diesen nun zu dem Schlusse, dass in der frühesten Zeit des Niagara dieser nur die Wasser des Eriesees in den Ontariosee führte, während der Huronsee und die hinter diesem liegenden Seebecken ihren Abfluss durch den Ottawastrom hatten. Damals gingen nach Spencer nur $^{3}/_{11}$ der heutigen Wassermassen über die Fälle, und dies dauerte so lange, bis die ausgehöhlte Schlucht eine Länge von 11000 Fuss besass. Den hierzu erforderlichen Zeitraum berechnet Spencer zu 17200 Jahren. In der zweiten Epoche nahm allmählich die Wassermasse des Niagara zu, und das Zurückweichen der Fälle betrug 10000 Fuss, wozu ein Zeitraum von 10000 Jahren erforderlich war. Dann stürzte die Wassermasse in ihrer heutigen Menge über eine 420 Fuss hohe Wand, und dieser Stand der Dinge blieb, während die Fälle 4000 Fuss zurückwichen, was in dem kurzen Zeitraum von 800 Jahren geschah. In der letzten Epoche, in welcher wir heute den Niagara sehen, wichen die Fälle 11500 Fuss zurück, und die Zeitdauer derselben beträgt 3000 Jahre. Sonach würde sich das gesamte Alter der Niagarafälle auf 31000 Jahre berechnen. Spencer hat sich auch mit der Zukunft des Niagara beschäftigt. Er hält die Meinung, dass die Fälle bis zum Eriesee zurückweichen werden, für irrig, vielmehr wird der östliche Rand des Eriebeckens, welcher jetzt schon in langsamer Hebung begriffen ist, schliesslich den Niagaraabfluss trocken legen und dadurch das Ende der Fälle herbeiführen. Die grossen Seen werden alsdann in der Nähe von Chicago gegen den Mississippi hin entwässert. Nach der gegenwärtigen Bodenbewegung zu schliessen, dürfte diese gewaltige Umwälzung sich in spätestens 5000 oder 6000 Jahren vollzogen haben.

Die Etsch schilderte A. Penck[1]). Sie ist der einzige den Ostalpen eigentümliche Fluss; der senkrecht zur Längenaxe des Gebirges, ziemlich geradlinig aus dessen Herzen bis an den Fuss strömt. Indessen ist das Etschthal ebenso wenig ein Werk der Zerreissungen und Verschiebungen der Erdkruste wie irgend ein anderes Alpenthal, sondern ein echter Einschnitt des Wassers, der sich keineswegs sklavisch an die Schichtstörungen des Etschbuchtgebirges knüpft, sondern in mancherlei Windungen dieselben durchmisst. Die Etsch folgt nicht einer alten Meeresbucht, als ob der Fluss hier das Meer abgelöst habe; Meeresbucht und Flussthal sind unabhängig von einander, beide aber in ihrer Richtung bedingt durch die Faltungen des Gebirges. Diese wiesen den Gewässern der Zentralalpen den Weg nach Süden, der Fluss hat denselben gleichsam ausgetreten und in ein Thal verwandelt.

Als Etschursprung gilt die Quelle eines Baches, welcher in 1571 *m* Höhe nördlich des Dörfchens Reschen unweit vom Scheideck entspringt und nach kurzem Laufe sich in den Reschensee ergiesst (1475 *m*). Oft auch wird dieser als Quellsee der Etsch bezeichnet. Die Hauptwassermasse aber bringt der längere Karlinbach aus dem gletscherreichen Langtauferer Thale, aber die Etsch drückt ihm ihre südliche Richtung auf, und weil er ihr Folge leistet, gilt er als ihr Nebenfluss.

»Das ganze grosse, breite Thal im Etschbuchtgebirge macht den Eindruck einer verschütteten Furche; ganz dasselbe gilt von dem oberen Thale bis nahe an den Etschursprung. Allenthalben schieben sich mächtige Schuttkegel in die Thalsohle, welche dazwischen mehr oder weniger versumpft ist. Nur dort, wo sie durch die Nebenflüsse an die Thalgehänge getrieben wird, legt die Etsch unterhalb ihrer Quellseen festes Gestein bloss. Erst bei ihrem Austritte aus den Alpen durchmisst sie eine Enge, die bekannte Veroneser Klause. Aber auch hier ist es keine Bergkette, welche der Fluss zu durchbrechen hat, sondern es ist nur eine Verschüttung seines eigentlichen Thales, die ihm den Weg durch die Felsen zu nehmen zwingt. Gerade am Fusse der Alpen, bei Rivoli, hat der eiszeitliche Etschgletscher seine Moränen in Form eines halbkreisförmigen Dammes geschüttet. Als der Gletscher schwand, stauten sich die Wasser oberhalb des Dammes zu einem grossen See, dessen Abfluss den Weg über ein Stück rechten Etschthalgehänges einschlug. Er hat sich darauf in den Fels eingeschnitten und ein neues jugendliches Thal neben dem verschütteten eingefurcht; das ist die Veroneser Klause; der alte Etschlauf liegt weiter westwärts unter den Moränen. So ist denn die Etsch von ihren Quellseen bis zum Austritte aus den Alpen heute kein Thalbildner mehr.«

Wo die Etsch nach dem Austritte aus den Alpen die Ebene betritt, ist sie in dieselbe eingeschnitten und eilt zwischen Steilufern

[1]) Zeitschrift d. deutschen u. österreichischen Alpenvereins 1895. p. 1 u. ff.

rasch dahin. »Als Stromaufschüttung ist das angrenzende Land für Wasser durchlässig und begleitet die Etsch als trockene Platte. Allmählich senkt sich letztere zum Flussspiegel herab. Wo sie denselben erreicht, treten die in ihr eingesickerten Wasser in Gestalt zahlreicher Quellen, Fontanili genannt, zu Tage. Das bis dahin trockene Land wird mit einem Male feucht, es wird durchsetzt von zahlreichen, meist künstlich festgelegten Gerinnen. Dabei ist es im natürlichen Zustande dem Hochwasser der Etsch im ausgedehntesten Masse preisgegeben. Dem ist nunmehr durch eine vielhundertjährige Kultur vorgebeugt. Sobald die Etsch in das Niveau der Ebene eintritt, wird sie eingedämmt und in künstlichem Bette zum Meere geleitet. Ihre Zuflüsse sind ebenso reguliert; vielfach wird sie zur Bewässerung der anrainenden Reisfelder angezapft. Unterhalb Verona beginnt die Umwandlung der Etsch in ein solch künstliches Gerinne, bei Albaredo ist sie vollzogen. Bis dorthin hat der Fluss nahezu das Gefälle wie im Etschbuchtgebirge, nämlich 0.94 *m* auf 1 *km*; anfänglich sogar ein wesentlich steileres. Unterwegs sammelt er noch die bereits zahm gewordenen, meist zwischen hohen Dämmen fliessenden Wildbäche der Lessinischen Alpen. Unterhalb Albaredo befindet er sich grösstenteils höher als das benachbarte Land; auf seinem Laufe von 114 *km* durchfällt er nur 21.8 *m*, also nur 2 *dm* auf 1 *km*. Als einziger Zufluss von Belang erhält er den noch in den Alpen wurzelnden Torrente Frassine. Von diesem abgesehen ist sein Gebiet schmal, undeutlich von dem des Bachiglione und jenem des Po geschieden. Wenige Kilometer von beiden entfernt, erreicht die Etsch das Meer. Im ganzen misst ihr Ebenenlauf vom Alpenfusse bis zur Adria 176 *km*, das ergiebt eine mittlere Fallhöhe von nur 0.5 *m* auf jeden Kilometer. Das Gebiet dieser Strecke misst bloss 3812 *qkm*, hat also nur eine mittlere Breite von 21 *km*.«

Die Etsch ist ein echter Alpenfluss, dies spiegelt sich in ihrem Wasserstande und ihren Temperaturverhältnissen. Nach den Messungen 1876—1885 hat die Etsch während dieser Zeit jährlich 5.7 Kubikkilometer Wasser bei Branzoll vorübergeführt, »also doppelt soviel, als der gesamte Starnbergersee birgt. Dem entspricht eine mittlere Wasserführung jeder Sekunde von 181 *cbm*. In den Monaten des Niederwasserstandes, November bis April, ist sie im Durchschnitte nur halb, im Februar nur unwesentlich mehr denn ein Drittel so gross. In den Monaten Mai bis Oktober hingegen steigert sie sich durchschnittlich auf das Anderthalbfache, im Juni sogar auf mehr als das Doppelte des Mittels. Von November bis April rollten jährlich 1.4, vom Mai bis Oktober 4.3 *ckm* in der Etsch unterhalb Bozen. Januar bis März lieferten nur 0.56 *ckm*, Juni bis August 2.63 *ckm*.«

Wieviel Wasserzuwachs der Fluss im Unterlaufe erhält, ist noch nicht festgestellt, Penck schätzt, dass die Etsch jährlich 12 *ckm*, also in jeder Sekunde 380 *ckm* Wasser dem Meere zuführt. Die Schwankungen in der Wasserführung laufen derjenigen des

Regenfalles parallel, in den trockensten Jahren ist auch die Etsch am wasserärmsten. Die grossen Überschwemmungen dieses Flusses werden durch die Herbstregen, welche eine bezeichnende Eigentümlichkeit des gesamten Etschgebietes sind, verursacht. Die gewaltigsten Regenfälle knüpfen sich an flache barometrische Minima. »Ein Minimum von wenigen Millimetern genügt, 'um ungeheuere Regenmassen zum Fallen zu bringen, was in der Regel, entsprechend der Unbedeutendheit der Luftdruckdepression, bei mässigen Winden geschieht, die vorwiegend aus Süden kommen. Indem aber die Luft, angesaugt vom Minimum, zum Anstiege auf alpine Höhen veranlasst wird, muss sie sich in ausgiebiger Weise ihrer Feuchtigkeit entledigen. Überschreitet ein Luftwirbel die Alpen, so fallen die reichlichsten Niederschläge im obersten Etschgebiete, nämlich selbst im Thale binnen 24 Stunden 40 *mm*. Hält sich hingegen der Luftwirbel über der Poebene auf, so regnet es am meisten im unteren Etschthale und Nocegebiete, wo es dann im Tage 40 bis 70 *mm* Regen giebt. Dabei herrschen im Etschbuchtgebirge meist schwache südliche Winde, welche mit schwachen nördlichen abwechseln.«

11. Seen und Moore.

Die Tiefen- und Temperaturverhältnisse einiger Seen des Lechgebietes hat Dr. W. Halbfass im August und September 1894 untersucht[1]). Die untersuchten Seen sind nach Namen, Tiefe und Grösse in folgender Tabelle zusammengestellt.

Name des Sees	Areal in *qm*	Grösste Tiefe in *m*	Volum in *cbm*	Mittlere Tiefe in *m*
Hopfensee . .	1 774 000	11.1	9 513 650	5.36
Bannwaldsee .	2 100 000	11.5	13 444 000	6.4 (Schätzung)
Weissensee . .	1 292 000	25.0	17 397 500	13.5
Alpsee . . .	1 163 000	59.0	29 950 000	25.8
Haldensee . .	962 500	21.0	13 700 000	14.4
Vilsalpsee . .	705 000	27.0	10 300 000	14.6

Der Bannwaldsee hat ein im allgemeinen regelmässiges Gefälle; seine Maximaltiefe beträgt 11—12 *m* und befindet sich ziemlich genau im Mittelpunkte des ca. 2 100 000 *qm* grossen Sees, ungefähr 23% des ganzen Sees umfassend. Der kreisförmige nördliche Zipfel ist in Verschilfung begriffen, seine Tiefe erreicht nirgends 3 *m*. Das nordwestliche und das nordöstliche Ufer flachen sich allmählich ab, so dass erst in einer Entfernung von 300 bis 350 *m* eine Tiefe von 5 *m* und mehr eintritt; dagegen sind die Böschungen des südwestlichen, südlichen und südöstlichen Ufers steiler.

Der Schwansee schrumpft von Jahr zu Jahr mehr zusammen; sein Untergrund ist sehr moorig. Der Hopfensee nimmt am Südufer und an der Nordostecke noch stetig an Grösse ab. Er verdankt gleich dem Bannwaldsee seine Entstehung unzweifelhaft dem ehemaligen Lechgletscher

[1]) Petermann's Mitteilungen 1895. p. 225.

und ist als ein Rest des grossen stehenden Gewässers anzusehen, das sich zur Glazialzeit am Ausgange des Lechthales in die Hochebene hinaus erstreckte, und wird unstreitig der zunehmenden Austrocknung und der Kulturarbeit allmählich gänzlich zum Opfer fallen. Vom gleichen Schicksale sind bereits mehrere kleinere Seen in der Umgegend ereilt, z. B. das Seelein nördlich von Eschach, dasjenige nördlich von Haidelsbuch, der Illasbergsee, östlich vom Lech, gegenüber von Rosshaupten und andere, die in der Ravenstein'schen Karte der Ostalpen (Bayrische und Algäuer Alpen) noch als vorhanden gezeichnet sind. Im Süden und teilweise auch im Osten des Sees befinden sich ausgedehnte Torfstiche, die diesem Teile des Sees einen etwas melancholischen Charakter geben.

Die Temperaturbeobachtungen des Verfassers sind nicht zahlreich, doch zeigen sie, dass der Hopfensee infolge seiner geringen Tiefe gegen die Schwankungen der Lufttemperatur, verursacht durch nächtliche Wärmeausstrahlung, heftige Winde, starke Regengüsse und Wärmeabsorption an windstillen warmen Tagen, sehr empfindlich ist, dass dagegen ein Einfluss der direkten Sonnenbestrahlung, wie ihn Thoulet (Distribution des temp. profondes dans le lac de Longemer, Compt. rend. **110.** 1890. p. 58 ff.) für den 30 *m* tiefen See Longemer in den französischen Vogesen bis 5 *m* Tiefe nachgewiesen zu haben glaubte, nicht vorhanden ist.

Beiträge zur physiographischen Kenntnis einiger Vogesenseen hat M. J. Thoulet veröffentlicht[1]). Es sind die auf der westlichen Seite der Vogesen liegenden Seen Lac de Geradmer, L. de Longemer und L. de Retournemer. Die beiden ersten sind Thalseen, durch Quermoränen abgesperrt, während der letztgenannte kleinere See ein im Gebirge eingetieftes Becken darstellt. Die Temperaturverhältnisse dieser Seen sind nicht wesentlich von denjenigen der Seen auf der östlichen Seite der Vogesen verschieden.

Der Plattensee. Dieser über 600 *qkm* grosse, aber seichte See wird auf Veranlassung der Ungarischen Geographischen Gesellschaft wissenschaftlich untersucht. Über die Ergebnisse der zu diesem Behufe angestellten Arbeiten in den Jahren 1892 und 1893 hat v. Loczy einen Bericht erstattet[2]), aus dem Prof. E. Richter folgenden das wesentliche umfassenden Auszug giebt[3]).

Der Plattensee liegt am Südrande des triassischen ungarischen Mittelgebirges (Bakonyi) in horizontalen pontischen Schichten eingesenkt. Geröllstreifen, welche von alten Flüssen herrühren und aus dem Gebirge quer über den jetzigen See auf das Südufer hinüberreichen (deren pliocäner Ursprung sicher ist), beweisen, dass der See zu dieser Zeit noch nicht bestanden hat; im Diluvium war er aber bereits vorhanden, und zwar mit einem 5 bis 6 *m* höheren Wasserstande als gegenwärtig. v. Loczy nimmt an, dass in der diluvialen Zeit Grabenversenkungen entstanden sind. Zuerst mögen sich nur einzelne Seen in den vom Gebirge herabführenden Flussthälern angestaut haben, die sich durch »die Arbeit der windgepeitschten Wellen« vereinigt und die jetzige regelmässige Gestalt erhalten haben.

---

1) Bull. de la Soc. de Géogr. Paris. 7. Ser. 15. p. 557 u. ff.
2) Abrégé du Bulletin de la Société hongroise de Géographie 1894.
3) Petermann's Mitteilungen 1895. Litteraturbericht Nr. 131.

Der durchaus vorherrschende Nordwind spielt überhaupt auf dem See eine grosse Rolle. Am Nordufer sind alle staub- und sandartigen Bildungen weggeblasen, am Südufer hingegen angehäuft; hier sind alle Buchten durch unterseeische Nehrungen abgesperrt und am Ufer Dünen aufgeschüttet.

Die Temperatur des Sees schwankt bis zum Grunde mit der Lufttemperatur. Der See gefriert schon im November; unter dem Eise betrug die Temperatur 0°, an den tiefsten Stellen, bei 8 bis 10 *m*, + 2.6°; der Grundschlamm zeigte 3.5° C. Die Eisdecke ist von mächtigen Spalten durchzogen, welche die einzelnen Vorgebirge jedes Ufers mit einander verbinden, die Buchten absperrend, genau wie an den Kärnthener Seen. Die winterlichen Nordwinde treiben Staub, Erde und erbsengrosse Kiesel »in langen geraden Linien mit Schnellzugsgeschwindigkeit über das Eis. Auch der Schnee wird nach dem südlichen Ufer getragen. Zuerst bilden sich dort in der Windrichtung lange niedrige, bald aus deren Vereinigung auf die Windrichtung senkrechte Wehungen, ähnlich den Barkhanen wie sie der Flugsand bildet«. Im Sommer ist der See durch die starke Wellenbewegung, die den Grundschlamm aufwühlt, stets getrübt. Die nördliche Hälfte des Sees ist mit 1 bis 4 *m* tiefem, sehr weichem Schlamme bedeckt, die südliche Hälfte zeigt festen Boden. Auch diese Erscheinung ist dem Wellengange zuzuschreiben; am Nordufer wird Staub eingeweht; gegen das Südufer zu ist aber der Wellengang so stark, dass der Grundschlamm an das Ufer geworfen wird. Die »beine oder Wisse oder Strandbank« ist beim Plattensee sehr stark entwickelt und zeigt eine Breite von 100 bis 200 *m* mit einer Tiefe von 1.2 bis 1.5 *m*; dann sinkt der Seegrund rasch auf 4 *m*; sie ist auch am Nordufer schlammfrei.

Zwei Limnographen zeigten, dass der See auch »Seichen« besitzt. Diese werden nur zum Teile durch Luftdruckdifferenzen hervorgerufen; die häufigere Veranlassung ist der Wind, der die Seewasser verschiebt. Die ungarische Ausgabe bringt Proben der sehr komplizierten Originalkurven.

Bei der Naturforscherversammlung in Wien machte v. Loczy noch weitere interessante Mitteilungen über Bohrungen, welche beweisen, dass der See seit seinem diluvialen Hochstande auch schon eine Zeit viel niedrigeren Standes erlebt haben muss.

Ein neuer See in Kroatien ist in der Nähe der Plitvicer Seen bei Bihacs entstanden[1]). Er liegt in einem ausgedehnten Thalkessel zwischen Plaschki und Jesenica. Der See erstreckt sich in einer stellenweisen Tiefe von über 50 *m* auf eine Länge von 10 *km* und übertrifft an Ausdehnung selbst den grössten der Plitvicer Seen. Woher die immense Wassermasse gekommen ist, die den See bildet, ist noch nicht ermittelt worden, ebensowenig ist kon-

[1]) Hettner, Geogr. Zeitschrift 1. p. 247.

statiert, wohin das Wasser aus demselben, das an einer Stelle mit mächtigem Getöse abstürzt, abfliesst. Man sieht die Flut nur in einem jener Erdschlünde verschwinden, die in der dortigen Karstgegend so häufig vorkommen. Das seltsame Naturereignis bedeutet für die Bevölkerung der Gegend eine schwere Heimsuchung. Denn der Thalkessel, in welchem der See entstanden ist, bot bisher die besten Ackerfelder dar, und zahlreiche Bauernfamilien sind durch die Unterwassersetzung desselben um ihren ganzen Besitz gekommen. Alte Leute wollen sich jetzt allerdings erinnern, dass der in Rede stehende Thalkessel auch früher einen See gebildet habe, und die Formation des Terrains ist, wie versichert wird, geeignet, diese Behauptung zu unterstützen. Eine ähnliche Erscheinung ist auch bei Jezerana zu beobachten, wo sich gleichfalls ein neuer See gebildet hat.

Der See von Annecy. L. Duparc hat das Wasser dieses Sees untersucht[1]). Dasselbe enthält im Liter 0.1511 *g* feste Bestandteile gelöst, und der Abfluss des Sees führt der Schätzung nach im Jahre 51000000 *kg* gelöste Stoffe fort. Da die Zuflüsse in jeder Jahreszeit einen höheren Gehalt an gelösten Stoffen aufweisen als der See selbst, so muss ein Teil im letzteren niedergeschlagen werden.

Die physikalischen Verhältnisse einiger piemontesischen Seen sind von Giovanni de Agostini untersucht worden[2]). Die Beobachtungen geschahen in den Monaten September, Oktober und November. Aus den zwölf Messungsreihen, die an dem grössten und tiefsten See, dem Lago d'Orta, ausgeführt sind, ergiebt sich zunächst, dass die Temperatur der oberflächlichen Schichten bis zur Tiefe von 10 *m*, selbst noch im November, fast die gleiche ist, dass dann zwischen der Tiefe von 10 und 20 *m* ein bedeutender Temperatursprung beobachtet wird (die Sprungschicht der grösseren Landseen), und dass über 20 *m* hinaus der Einfluss der äusseren Wärme kaum merklich wird, so dass die Temperatur dann nur noch sehr allmählich sinkt. In der That betragen die Schwankungen zwischen Maxima und Minima vom August bis November an der Oberfläche 9.6°, in 5 *m* Tiefe 9.3°, in 10 *m* Tiefe 7.7°, in 20 *m* 1°, in 30 *m* Tiefe nur 0.2° und in 50 *m* bereits 0°. Im Laufe eines Tages änderte sich die Temperatur selbst an der Oberfläche nur wenig; in 20 *m* Tiefe war die Temperatur immer zwischen 7° und 8°, gleichgiltig, ob die Oberfläche 23° (im September) oder 14° (im November) warm war; in 30 *m* Tiefe blieb sie zwischen 6° und 6,2°, in 50 *m* war sie stets 5.5° und von 80 *m* bis zum Boden betrug sie 5.2°.

1) Archiv sc. phys. Genève 3. Ser. **31.** p. 191.
2) Atti della R. Accademia di Torino 1895. **30.** p. 285. Naturwissensch. Rundschau 1895. p. 409.

Die Messungen an den anderen Seen und die Vergleichung der Befunde sowohl mit den am grössten piemontesischen See erzielten, wie mit den Resultaten an anderen oberitalischen Seen führten zu folgenden allgemeinen Schlüssen:

1. Die Temperatur des Wassers in der oberflächlichen Zone zeigt sich gleichmässiger, wie die der darüber liegenden Luft. 2. Bis zur Tiefe von 10 *m* ist eine thermische Schichtung des Wassers nur wenig merklich. 3. Im allgemeinen findet sich nur um 10 *m* bei den etwas ausgedehnten Seen in der warmen Jahreszeit der Temperatursprung (Sprungschicht). 4. Dieser Wärmesprung zeigt deutlich, dass der Einfluss der äusseren Tageswärme sich nicht über eine verhältnismässig dünne Wasserschicht hinaus erstreckt. 5. Die Wassertemperatur über 20 *m* Tiefe sinkt langsam bis zu dem Punkte, wo der Einfluss der äusseren Temperatur Null wird; man gelangt dann zur Tiefentemperatur, welche bis zum Boden des Sees unverändert bleibt. 6. Die Temperatur des Bodens zeigt keine konstante Beziehung weder zu der Tiefe des Sees, noch zu den Dimensionen oder zu der Meereshöhe; wahrscheinlich steht sie im Zusammenhange mit den klimatischen Bedingungen der Umgebung, in welcher der See sich befindet. 7. Auch die Lage der Sprungschicht steht in keinem konstanten Verhältnisse zu diesen Elementen. 8. Die Seen Piemonts zeigen eine niedrigere Tiefentemperatur als die anderen italienischen Seen.

Die Beobachtungen der Farbe des Seewassers, nach der Forel'schen Skala ausgeführt (Vermischen blauer ammoniakalischer Kupfersulfat- und gelber Kaliumchromatlösung), ergaben bezüglich der grösseren Seen dieselben Farbennuancen, wie sie an den grossen Seen der Voralpen von anderen gefunden wurden; der Ortasee zeigte Färbungen, die zwischen Nr. IV der Forel'schen Skala (azurblau) und Nr. VI (grünlich blau) schwankten.

Die Durchsichtigkeit des Seewassers wurde an der Tiefe gemessen, in welcher eine weisse Scheibe eben verschwindet; diese Tiefe betrug im Ortasee gewöhnlich 8 *m* und stieg im November auf 9.5 *m*. Bei den anderen Seen schwankte diese Tiefe zwischen 2 *m* (Kandiasee, der ein bräunliches Wasser besitzt, ebenso wie der Tranasee, in dem die Sichtbarkeit nur 3 *m* betrug) und 7 *m* (Viveronesee); sie war jedoch in sehr guter Übereinstimmung mit Messungen, die im Vorjahre zur selben Jahreszeit angestellt waren. Da an einzelnen Seen auch in den Wintermonaten die Durchsichtigkeit des Wassers gemessen worden, schliesst Verf., dass die Sichtbarkeitsgrenze in gleichen Jahreszeiten immer dieselbe ist, abgesehen von gelegentlichen Störungen durch Schmutz von Bergwässern und Flüssen u. s. w., dass sie im Winter grösser ist als im Sommer und in der Mitte des Sees grösser, als an den Küsten und den Flussmündungen. Eine Vergleichung des Ortasees mit dem Maggiore- und Comosee ergiebt, dass das Wasser des ersteren viel durchsichtiger ist, als das der beiden letzteren, denn in diesen hatte Forel

die Sichtbarkeitsgrenze = 6 *m* gefunden; und noch undurchsichtiger hatte Forel das Wasser des Luganosees gefunden; die Sichtbarkeitsgrenze betrug in diesem nur 3 *m*. Das Wasser des Orta ist hiernach das durchsichtigste unter allen bisher untersuchten italienischen Seen.

Ein neuer See in der römischen Campagna. Der »Corriere di Roma« berichtet über die Bildung eines neuen Sees in der römischen Campagna folgendes: In der Nacht vom Charsamstag zum Ostersonntag (vom 13. auf den 14. April 1895) befanden sich einige Schafhirten in einer Scheune am Hügel San Martino unweit Leprignano, als plötzlich die Schafe heftig zu blöken anfingen und dann eilends die Flucht ergriffen. In demselben Augenblicke spürten die Leute den Boden erzittern, und kanonenschussähnliche Detonationen setzten sie in Schrecken. Sie eilten sofort aus der Hütte und sahen vor sich einen schwarzen Schlund sich aufthun, aus dem violette Flammen aufzüngelten, wobei ein scharfer Schwefelgeruch die Luft erfüllte. Die erschreckten Hirten flohen auf einen nahen Hügel und eilten dann bei anbrechendem Morgen zum Ortsvorstande von Leprignano. Dieser begab sich, der Lebensgefahr nicht achtend, mit einigen beherzten Männern sogleich an Ort und Stelle bis an den Rand des Schlundes. Sie fanden zur Zeit denselben vollständig trocken, nur machten sich schweflige Ausdünstungen bemerkbar. Leprignano liegt 32 *km* von Rom am rechten Ufer des Tiber, unweit der Ruinen des alten Capena. Eine Viertelstunde vom Orte erreicht man zu Wagen den Eingang eines Thales, aus welchem der Wildbach Gramicia über Felsterrassen hervorstürzt, und im Thalkessel befindet sich der kleine, von Platanen umgebene See Puzzo, der im Jahre 1856 infolge vulkanischer Ursachen, welche wohl auch bei dem neu entstandenen See thätig gewesen sind, entstanden ist. Nicht weit davon liegt dieser neu gebildete See. Die senkrecht abfallenden Ufer sind so regelmässig, als ob dieselben aufgemauert wären, und einige grüne Inselchen ragen aus den 12 *m* tiefen Gewässern hervor. Der erwähnte Bach Gramicia, welcher in den neu gebildeten Schlund sein Wasser ergoss und denselben füllte, erscheint jetzt trocken, während er früher zwei kleine Mühlen trieb.

Die sogenannten Sodaseen in Wyoming. D. Harvey Attfield untersuchte einige der ausgetrockneten natürlichen Natriumsulfatseen in Wyoming[1]). Er fand den grössten Teil der von einem solchen »See« eingenommenen Fläche nur mit einer dünnen Kruste von fast reinem, verwittertem Natriumsulfate bedeckt. Nur ein kleiner Teil enthält noch in einer gewissen Tiefe Krystalle von Glaubersalz. Die Annahme, dass hier Quellen von Natriumsulfat-

---

[1]) J. Soc. Chem. Ind. 14. p. 3. Chem. Centralblatt 1895. 1. p. 659.

lösung emporsteigen, die einen beständigen Zufluss dieses Salzes liefern, ist irrig, nur der Boden ist mit dem Salze imprägniert, und in der kurzen nassen Jahreszeit wird derselbe ausgelaugt. Die Wasser sammeln sich dann in den Bodenvertiefungen, verdunsten allmählich und hinterlassen in der trockenen Jahreszeit fast reines Glaubersalz. Technische Bedeutung haben diese Ansammlungen auch nicht. Nur die Seen bei der Stadt Laramia, welche Pemperton und Tucker 1892 untersuchten, haben in dieser Hinsicht einen gewissen Wert. Das Natron entstammt wahrscheinlich dem Gesteine der Rocky Mountains, der Schwefel dem Pyrit derselben, und die von den Bergen kommenden Bäche, welche schnell eintrocknen, imprägnieren dadurch den Boden der trockenen Gegend.

Der Asphaltsee auf Trinidad ist von Prof. S. F. Peckham besucht und geschildert worden[1]). Er liegt im Distrikte La Brea, etwa eine halbe englische Meile vom Meere ab, und umfasst mit seinem Erdpeche eine Fläche von einer englischen Quadratmeile. Dieses Pech ist zwar aussen hart und kalt, im Inneren aber weich oder sogar flüssig. An den meisten Stellen gestattet es, darauf zu gehen, wie auch seine Oberfläche nach allen Richtungen von mehr oder weniger tiefen, mit süssem Wasser angefüllten Furchen durchzogen ist. Nur da, wo der Asphalt noch quillt, wo sich gewölbte Stellen an der Oberfläche einstellen, läuft man Gefahr, einzusinken, namentlich wenn die heisse Tropensonne darüber brütet. Namentlich bewirkt der Asphaltboden als solcher eine unbedingte Unfruchtbarkeit, dennoch dringt eine Pflanzendecke da vor, wo jene Furchen bei grösserem Alter verwitterten Asphalt mit Staub auf sich tragen, also schon eine Art von Erdkrume gebildet haben.

Schon 1789 beschrieb der Engländer Alexander Anderson, 1807 Dr. Nicholas Nugent, 1832 Kapitän J. E. Alexander, 1855 N. S. Manross, 1892 J. R. Lechmere Guppy und einige andere, unter welchen besonders Clifford Richardson, die Erscheinung. Gerade dessen Bericht veranlasste Verf. zu einer Untersuchung über das Vorkommen des Asphaltes auf Trinidad, um sie mit den ähnlichen Verhältnissen in Kalifornien zu verbinden. Indem er sich Kap La Brea von NW her näherte, trat ihm das Asphaltriff als eine Barre rund um das Kap und gegenüber der See entgegen. Auf dem Kap selbst und seinem Vorsprunge in das Meer erscheint sie ähnlich wie niedrige Schichten von Gestein, welche bei näherer Betrachtung aus Massen von Asphalt bestehen, die in der Sonne zu einer homogenen Substanz verschmolzen wurden. Die Haufen, welche ursprünglich wohl 25 Fuss hoch sein mochten, waren nur noch drei Fuss dick. Neben diesen Haufen gab es andere von demselben Materiale, von welchem Lichterschiffe geladen hatten, und die nicht lange genug in der

[1]) American Journ. of Science. Juli 1895, daraus geschildert in Natur 1895. p. 459, wonach oben der Text.

Sonne gelegen waren, um zu schmelzen. Viele Hunderte von Tonnen waren in diesen Massen eingeschmolzen, die ursprünglichen Stücke, welche soweit geschlossen schienen, dass der Asphalt wieder mit einer Hacke gebrochen werden musste, um ihn wegzuschaffen. Wandert man an der Küste über diese Haufen, so trifft man auf eine Stelle, wo man den sogenannten Landasphalt, d. i. den gewöhnlichen Seeasphalt und das weiche, vom Zentrum des Sees geflossene Pech zu einem Gemische in Kesseln auf eine sehr rohe und einfache Weise zusammen kocht. Östlich gehend stösst man auf ein weites, von Asphalt bedecktes Areal, auf welchem letzterer in der Sonne zu einer flachen, etwa zwei Fuss dicken Schicht zusammenfloss; man erzählte dem Verf., dass diese Asphaltmasse ursprünglich 20 Fuss hoch war.

Eine sehr sorgfältige Untersuchung des gegenwärtigen Seebildes und seiner Grenzen lässt den Verf. annehmen, dass die Vermutung Richardson's richtig war, der den See als Krater eines alten Schlammvulkanes betrachtete und ihn aus sehr schwankendem Materiale gebildet sein liess durch Berührung mit Wasser, das in grosser Menge unterirdischen Quellen entfloss. In diesen aufsteigenden, dem Flugsande ähnelnden Strom ergoss sich in sehr bedeutender Menge zeitweise Bitumen, wodurch Einbrüche von Schlamm und Bitumen wechselweise geschahen, das Ganze einen Kegel auftürmte und zeitweise überflutete, während das Becken bis zum Ausschlusse des Schlammes sich allmählich mit Asphalt erfüllte. Es wurde aber auch klar, dass hier in einer unbestimmbaren Zeit eine Überflutung von Asphalt aus dem Krater nach der See zu stattfand, und zwar nach La Brea, d. i. nicht über seinen Rand, sondern durch eine Seitenspalte hindurch. In der That war dort ein Durchbruch; nachdem jedoch die Asphaltkompagnie so ungeheuere Massen von Erdpech dem See entnahm, ist die Bewegung des Bitumens aus dem See eine ruhige geworden. Noch im Jahre 1892 sprach Kapitän Alexander von einer »immensen« Flut, die sich aus dem See ergoss, und Manross bemerkte 1855 von diesem Strome, er sei an einigen Stellen durchgebrochen, und zwar in einer Mächtigkeit von 15 bis 18 Fuss. Man hat wirklich Asphalt daselbst bis zu einer Tiefe von 20 bis 40 Fuss ergraben.

Was das Erdpech selbst betrifft, so unterliegt es keinem Zweifel, dass selbiges innerhalb der letzten 106 Jahre allmählich erhärtete. Im Jahre 1807 schrieb Dr. Nugent, das Zentrum sei so weich gewesen, dass man einen Becher darin habe untertauchen können. Auch Alexander schilderte es 1832 als so schwankend, dass das Gewicht eines Mannes einen Eindruck bis zu dessen Schultern habe bewirken können; und 23 Jahre später bezweifelte dieses Manross, womit auch wieder 24 Jahre später Kingsley übereinstimmte. Zur Zeit des Verf. belud ein Mann einen Karren in der Nähe des Zentrums im See, und obwohl er nicht lange auf einer Stelle verweilte, war doch keine Gefahr zum Einsinken vorhanden.

Dennoch darf nicht angenommen werden, dass die Agenzien, welche diese Ablagerung von Bitumen bewirkten, nun aufgehört hätten, aktiv zu sein oder zu ruhen. Denn wenige Miles entfernt, im SW des Sees, bei Guapo, giebt es Quellen von »Maltha« oder flüssigem Asphalte, welche noch fliessen; und innerhalb der Grenzen des Sees, sowie innerhalb weniger Ruten am Rande des Kegels, beobachtete Verf. das, was die Arbeiter dort »blowhole« (atmende Höhle) nennen. Es war eine kreisrunde Höhle von etwa 6 Zoll im Durchmesser, aus welcher Asphalt, flüssiger als er ihn sonst auf der Insel irgendwo sah, bis zu einem Betrage von etwa einem Barrel (Tonne) ausgeworfen wurde. Derselbe erschien so weich, um fliessen zu können, von glänzend schwarzer Färbung und, wie es schien, ohne oder doch mit nur wenig mineralischer Materie verunreinigt zu sein. Ein Arbeiter erzählte ihm, dass solche Höhlen ziemlich häufig vorkämen und keine Verbindung unter sich hätten.

Der Lake Eyre in Australien gehört, nach den Nivellierungen, welche gelegentlich des Baues der transaustralischen Eisenbahn angestellt wurden, zu den Depressionsgebieten der Erde. Nach einer Karte, welche dem Berichte des Chefingenieurs des südaustralischen Eisenbahnwesens beigegeben ist und den Stand der Eisenbahnen am 30. Juni 1894 darstellt, liegt das Bett des Südendes des Lake Eyre 38 F. (11.6 *m*) unter dem Spiegel des Ozeans bei Niedrigwasser; die Station Stuarts' Creek südlich vom See befindet sich noch 25 F. (7.6 *m*) unter dem Meeresniveau. Für den Lake Torrens giebt die Karte die wahrscheinlich abgerundete Höhenlage von 100 F. (30.5 *m*) über dem Meeresspiegel an[1]).

Die nordwestdeutschen Moore schilderte Dr. Tacke auf dem 11. deutschen Geographentage[2]). An der Oberflächengestaltung des deutschen Nordwestens nehmen die Moore einen hervorragenden Anteil. Nach der vorliegenden, allerdings nicht gerade sehr genauen Statistik besitzt die Provinz Hannover ca. 101.40 Quadratmeilen Moore, entsprechend 14.6 % der Gesamtbodenfläche, das Grossherzogtum Oldenburg 17.20 Quadratmeilen, entsprechend 18.6 % der Gesamtfläche, so dass die in den bezeichneten Gebieten vorhandenen Moore insgesamt einen Raum von 119 Quadratmeilen einnehmen. Aus der gewaltigen räumlichen Entwickelung dieser Bodenformation, die weiten Landstrichen des Nordwestens ein eigentümliches Gepräge verleiht, ihrer Eigenart in naturwissenschaftlicher Beziehung, ihrer Bedeutung für die Landeskultur und für die Volkswirtschaft, darf daher wohl die Berechtigung gewonnen werden, allgemeines Interesse für dieselbe in Anspruch zu nehmen. — Im Anschlusse an die hydrographischen und orographischen Verhältnisse

[1]) Petermann's Mitteilungen 1895. p. 152.
[2]) Vergl. Gaea 1895. Heft 8.

lassen sich folgende Hauptmoorgebiete im nordwestlichen Deutschland unterscheiden: 1. Die Moore im Flussgebiete der Elbe, 2. die Moore am rechten Ufer der Weser, 3. die im Tieflande zwischen Weser und Ems, 4. die am linken Emsufer, im mittleren Ems- und Vechtagebiete, an das sich weit ausgedehnte holländische Moore anschliessen. — Die zweite Gruppe zerfällt in Moore südlich des Allerthales und nördlich desselben auf dem südlich-westlichen Abhange der Lüneburger Heide mit deren Fortsetzung im unteren Wesergebiete. — Die dritte Gruppe zerfällt in die Moore auf dem nördlichen Vorlande des Wesergebietes und der in die Niederung vorspringenden Höhenrücken (Kloppenburger Geest, Hümling) und in die Moore des Küstengebietes zwischen Weser und Ems (Moor auf dem linken Weserufer, im Ammerland, auf der ostfriesisch-jeverländischen Halbinsel).

Moore dürften vorwiegend alluvialen Ursprunges sein; die mineralischen Untergrundschichten dagegen, auf denen sie aufgewachsen sind, können sehr verschiedenes Alter und sehr verschiedene Beschaffenheit haben. Moore sind eben dort überall entstanden, wo stagnierendes Wasser den moorbildenden Pflanzen günstige Vegetationsbedingungen geboten hat, und sie entstehen auch heute noch, wo derartige Bedingungen ungestört obwalten. Die Art der Moorbildungen ist jedoch nach Lage des Ortes, an dem sie aufwachsen, dem grösseren oder geringeren Nährstoffgehalte des Untergrundes, der aus demselben und seitlich zuströmenden Wasser eine verschiedene. Man unterscheidet in botanischer und chemischer Hinsicht die folgenden hauptsächlichsten Moorarten: 1. Die vorwiegend aus den Resten von Gräsern, Scheingräsern, Moosen und Sumpfwiesenpflanzen gebildeten, an wichtigen Pflanzennährstoffen, namentlich an Stickstoff und Kalk reichen Grünlands-, Wiesen- oder Niederungsmoore. 2. Die hauptsächlich aus Torfmoosen, Wollgräsern und Heidekräutern entstandenen, verhältnismässig kalk- und stickstoffarmen Hochmoore oder Moostorfheidemoore. 3. Die zwischen den beiden ausgesprochenen Moorbodenarten stehenden sogenannten Übergangsmoore, die bald den Hochmooren, bald den Niederungsmooren näherstehen.

Die erstgenannte Gruppe liefert bei ihrem natürlichen Reichtume an wertvollen Pflanzennährstoffen nach genügender Entwässerung bei entsprechender Düngung einen Kulturboden von hervorragendem Werte; an dem landwirtschaftlich wichtigsten Nährstoffe, dem Stickstoffe, für dessen Beschaffung an Chilesalpeter die deutsche Landwirtschaft alljährlich Millionen an das Ausland zahlt, sind diese Moore so reich, dass sie keiner Düngung mit Stickstoff bedürfen; für die Verwendung künstlicher Düngemittel (Kalisalze, Phosphate) sind sie ausserordentlich dankbar. Der Ackerbau auf derartigen Mooren ist jedoch namentlich wegen der Frostgefahr ausserordentlich unsicher. Dem Rittergutsbesitzer Rimpau in Kunrau ist es nun gelungen, ein Verfahren, die sogenannte Moordammkultur

oder Sanddeckkultur, ausfindig zu machen, durch das die Vegetationsbedingungen der Ackergewächse auf derartigen Moorböden wesentlich verbessert, die Gefahr des Erfrierens derselben gemildert wird. Die Moordammkultur besteht in der Bedeckung des Moores mit einer Decke mineralischen Bodens (meistens Sand) von bestimmter Stärke; in dieser Decke wurzeln die Pflanzen und senken durch dieselbe ihre Wurzeln in das Moor, um dort Feuchtigkeit und Nahrung zu schöpfen. Diese im Laufe der letzten drei Jahrzehnte namentlich in Deutschland weit verbreitete Kulturmethode, durch die bis dahin ertraglose Moorflächen in Ackergefilde von grösster Fruchtbarkeit umgewandelt werden, gewinnt im Nordwesten allmählich immer grössere Verbreitung.

Weniger günstig von Natur ausgestattet sind die Hochmoore oder Heidemoostorfmoore, die der Ausdehnung nach im nordwestlichen Deutschland bei weitem überwiegen. Die landwirtschaftliche Nutzung derselben wird einmal durch ihre grosse Ausdehnung und die damit verbundene Schwierigkeit der Zuwegungen und Entwässerung erschwert, dann auch durch das grössere Bedürfnis der Hochmooräcker nach in der Düngung zuzuführenden Pflanzennährstoffen. Trotzdem ist es gelungen, diesen Boden in nutzbringende Kultur zu nehmen und demselben Erträge abzugewinnen, die den Vergleich mit besseren Bodenarten nicht zu scheuen brauchen. In unberührtem, »jungfräulichem« Zustande trägt die Oberfläche der Hochmoore ein dichtes, üppiges Torfmoorpolster, in der bestimmte grasartige Pflanzen (Scirpus, Eriophorum) eingestreut erscheinen und spärlicher oder reichlicher, je nach dem Grade der Abwässerung, Heidekraut in erhöhten Horsten. Generationen dieser Pflanzen nach Generationen wachsen empor, solange die Feuchtigkeit vorhält, der zentrale Teil erhebt sich nicht selten über die Umgebung, da das Ganze einen ungeheueren wasserreichen Schwamm darstellt, was zu dem Namen Hochmoor Veranlassung gegeben haben mag. Am Rande der Moore oder dort, wo menschliche Eingriffe eine stärkere Entwässerung geschaffen haben, bedeckt sich das Moor mit einem dichten Heidewuchse, unter dem sich eine besser zersetzte, nährstoffreichere, sogenannte Heidehumusschicht bildet. Dieses ursprüngliche Aussehen der nordwestdeutschen Moore ist wesentlich geändert worden durch die sogenannte Moorbrandkultur, die von Holland aus zu uns herübergekommen ist und die Ursache des verhassten Moorrauches (Heerrauch, Höhenrauch) bildet. Sie besteht darin, dass die Humusschicht an der Oberfläche der Hochmoore nach notdürftiger Entwässerung durch Brennen in Asche verwandelt, dadurch die Nährstoffe des Moores in aufnehmbare Form übergeführt, zum Teile allerdings vernichtet werden. Das Moorbrennen ist ein Raubbau schlimmster Art, da die Ackerkrume durch dasselbe vernichtet wird; die unter derselben lagernden unzersetzten Schichten können nur schwer und mit geringem Erfolge gebrannt werden. Der Anbau der Hauptfrucht der Brandäcker, des Buchweizens, ist zudem ausserordentlich

unsicher und das ganze Verfahren ein wahres Lotteriespiel, das alle die Nachteile eines solchen, namentlich für wirtschaftlich ungeschulte Menschen mit sich bringt. Es ganz zu verbieten, ist anderseits nicht möglich, da gerade die wirtschaftlich schwächsten Moorsiedelungen, die vorläufig von dieser wohlfeilen Kulturform noch grösseren Gebrauch machen, dadurch dem unfehlbaren Untergange anheimfallen würden. Eine ungleich segensreichere Kulturart, ebenfalls holländischer Herkunft, hat in unserem Nordwesten eine grosse Anwendung gefunden, wenn auch nicht entfernt die Blüte erlangt, wie in ihrem Mutterlande, die sogenannte Veenkultur oder Sandmischkultur. Grundbedingung derselben ist die Möglichkeit, das Moor zur Gewinnung von Brenntorf abtorfen und den Sand aus dem Untergrunde gewinnen zu können, der dann in ziemlich mächtiger Schicht mit der Oberfläche des Moores gemischt wird, die durch Abräumen der lockeren, nicht zur Brenntorfgewinnung geeigneten oberen Moostorflagen unserer Hochmoore, wie Überführen derselben auf den Boden des abgetorften Moores gewonnen wird. Durch das Verfahren werden die Vegetationsbedingungen auf dem Hochmoore in ähnlicher Weise verbessert wie bei der Moordammkultur nach Rimpau'scher Art auf Niederungsmoore. Bei genügender Düngung bringen so behandelte Hochmoorböden recht befriedigende Erträge. In Holland hat diese Kulturart deshalb vornehmlich eine solche hohe Entwickelung erreicht, weil dort seit Jahrhunderten die städtischen Abfallstoffe in mustergiltiger Weise zu einem wertvollen Komposte verarbeitet werden, der auf dem weit verzweigten Kanalnetze den düngerbedürftigen Hochmooräckern leicht und billig zugeführt werden kann.

12. Gletscher und Glazialphysik.

Schuttabfuhr durch Gletscher und Flüsse. Während des ganzen Jahres 1890 (mit Ausnahme des Oktober) wurde von B. Baëff die Geschwindigkeit des Wassers der Arve bei Genf an der Oberfläche gemessen, die Temperatur bestimmt und die Durchsichtigkeit des Wassers festgestellt. Die Führung suspendierter Stoffe erwies sich im Winter als gering (an Durchschnittstagen 2—10 *g* pro Kubikmeter), im Sommer als gross, sie schwankte zwischen 0.8 *g* pro Kubikmeter am 8. Januar und 3106 *g* am 29. Juni (am 3. Oktober 1888 führte 1 *cbm* ausnahmsweise ca. 5000 *g*). Sie wächst rapid bei steigendem Wasserstande, ist bei Hochwasser am grössten, bei gleichbleibendem oder langsam sinkendem Wasserstande aber merklich geringer, als bei gleich hohem, steigendem. Zu Anfange eines Hochwassers ist die Abspülung von der Landoberfläche immer am grössten, weil da am meisten Material für dieselbe bereit liegt. Umgekehrt wie die suspendierten verhalten sich die gelösten Stoffe, dieselben sind im Winter weit reichlicher vorhanden (ca. 300 *g* pro Kubikmeter), als im Sommer (ca. 180 *g*) und treten bei Hochwasser

ganz zurück. Die Extreme waren am 4. Dezember 319 und am 20. August 120 *g*, so dass die Schwankung viel geringer ist, als bei den suspendierten Stoffen. Das Zurücktreten der gelösten Stoffe im Sommer will Verfasser durch die grössere Geschwindigkeit des Wassers, dessen infolge der höheren Temperatur geringeren Kohlensäuregehalt und durch das Dominieren des Gletscherschmelzwassers erklären. Vom Januar bis September 1890 wurden Bestimmungen des Chlorgehaltes des Wassers unternommen, die Arve führte in diesen neun Monaten 4170 *t* Chlornatrium flussabwärts, und zwar war der Salzgehalt im Winter grösser als im Sommer.

Von besonderem Interesse sind gelegentliche Messungen des Schlammgehaltes einiger Gletscherbäche. Der Abfluss des Bossongletschers führte am 9. August pro Kubikmeter 2287 *g* suspendierte Stoffe, der Tourbach 243.5 *g*, der Argentièrebach 535 *g*, der Bach des Mer de Glace 483 *g*, der Tacconazbach 215 *g*, der Bont-Nant 644 *g*. Demgegenüber ist in gewöhnlichen Zeiten, d. h. bei Abwesenheit von Hochwasser, die Schlammführung von Bächen, die nicht durch Gletscher gespeist werden, sehr gering, sie schwankte nämlich bei vier Zuflüssen der Arve zwischen 22 und 36 *g*. Bei Hochwasser ändert sich das Verhältnis vollkommen; der Verfasser schätzt, dass am 3. Oktober 1888 bei grossem Hochwasser die Arve in 24 Stunden in 98000000 *cbm* Wasser über 300000 *t* Schlamm bei Genf vorbeigeführt hat. Die ganze Arve führte an Genf vorüber im Monate Februar 24850000 *cbm*, im Monate August 330056000 *cbm*, während des Jahres 1728171000 *cbm* Wasser; darin waren suspendiert im Februar 123 *t*, im August 221072 *t*, während des Jahres 624329 *t*, und gelöst im Februar 7604 *t*, im August 51474 *t*, während des Jahres 359315 *t* Stoffe. Hieraus geht hervor, dass der Fluss seinem 1980 *qkm* enthaltenden Entwässerungsgebiete 980000 *t* Gestein entführte, was nach Brückner bei einer Dichte 2.35 (nicht 1.3, wie Verf. will) 416000 *t* Gestein entsprechen würde. Die jährliche Abtragung des Arvegebietes berechnet sich hieraus zu 0.21 *mm*, wobei die Geschiebeführung an der Sohle des Flusses nicht berücksichtigt ist. [1])

Aus den Untersuchungen geht auf das deutlichste hervor, dass aus vereinzelten Beobachtungen geschöpfte Angaben über Wasser- und Schlammführung eines Flusses ganz wertlos sind, dass man auf die Abtragung des Landes nur aus täglichen, womöglich mehrere Jahre hindurch angestellten Messungen des Transportes an Wasser, Schlamm und gelösten Stoffen eines Flusses schliessen darf.

Die Gletscher des Mus-tag-ata hat Dr. Sven Hedin untersucht und geschildert [2]). Er leitet aus seinen Beobachtungen folgende allgemeinen Schlüsse ab.

---

[1]) Chem. Centralblatt 1895. 1. p. 980.

[2]) Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin 1895. **30.** p. 94 u. ff.

»Die Gletscher befinden sich in einer grossen Periode des Rückganges. Alte Moränen, Geschiebelehm und erratische Blöcke erstrecken sich im Norden bis zum Kara-kul und Bassik-kul, welche selbst durch Moränen abgedämmt sind; im Süden finden wir dergleichen Spuren einer früheren, ausgedehnteren Vergletscherung bis in die unmittelbare Nähe des Kara-su. Doch oszilliert der Stand der Gletscherenden ein wenig mit den Jahreszeiten, indem sie im Sommer, da die Bewegung am kräftigsten ist, einige Meter vorrücken, um rudimentäre Endmoränen zu bilden, während sie im Winter, da die Bewegung fast aufhört, die Ablation an der Front dagegen noch, obgleich schwach, wirksam ist, sich wieder einige Meter zurückziehen.

Von Norden nach Süden werden die Gletscher immer kleiner, die alten Moränen immer grösser.

Die linken Seiten- und Ufermoränen sind immer mächtiger entwickelt als die rechten.

Bei den gegen Westen strömenden Gletschern ist die linke Hälfte wegen des Schattens kräftiger und höher als die rechte.

Nach Austritt aus den felsigen Thalwegen wird aber die linke Seite wegen ihrer exponierten Lage kräftiger abladiert..

Beim Austritte aus dem Gebirge werden die Gletscher zweiter Ordnung breit und dünn, und ihr Frontteil ist oft in zwei Lappen geteilt. Für die Gletscher erster Ordnung gilt dieselbe Regel, jedoch mit dem Unterschiede, dass die Zunge, nachdem sie sich beim Austritte ausgebreitet hat, allmählich sich wieder zuspitzt. Dies beruht darauf, dass die grossen Gletscher tiefer hinabreichen, in Regionen, wo die Abhänge sanfter sind; die kleineren Gletscher dagegen schmelzen schon in höheren Regionen ab, wo der Untergrund oft kuppelförmig ist, so dass sie sich wohl wie auf einem Gewölbe ausbreiten können, aber keine Gelgenheit haben, sich nachher wieder zuzuspitzen.

Die rechte Hälfte der gegen Westen strömenden Gletscher breitet sich immer nach rechts aus, und die Oberfläche fällt also nach Norden ab. Deshalb verlassen hier mehrere Schmelzbäche den Gletscher, um einen unabhängigen Gletscherbach zu bilden, der sich dann gewöhnlich mit dem Hauptbache desselben Gletschers vereinigt.

Mittelmoränen und Endmoräne sind im allgemeinen wenig entwickelt.

Fast alle Gletscher des Gebietes bilden in einer gewissen Höhe Stürze; ihre Oberfläche ist deshalb sehr verworren und zerfällt in Pyramiden und Pfeiler. Quer-, Längs- und Randspalten sind bei den meisten entwickelt; nur bei zwei Gletschern zweiter Ordnung sind sie spärlich vorhanden.

Der Fallwinkel dieser Gletscher ist immer sehr steil.

Infolge der kräftigen Insolation hören die Gletscher schon in einer Höhe von ungefähr 4300 *m* auf.

Die schnellste Bewegung fällt in die Monate Juni und Juli, sie scheint aber schon im September fast aufzuhören; die Gletscher erster Ordnung bewegen sich am schnellsten.

Die Ablation ist während sonniger Tage sehr kräftig; der Ikebel-su-Fluss, der fast ausschliesslich von Gletscherschmelzwasser ernährt wird, schwillt im Sommer zu einem grossartigen, schwer passierbaren Flusse an.

Unter den Gletschern dritter Ordnung finden sich Hängegletscher, parasitische und regenerierte Gletscher.

Ausser den Gletschern, welche ihre eigene Felsenpassage haben, sendet das Panzereis auch breite, dünne Ausläufer an den gewölbten Abhängen aus, die gewöhnlich schon in einer Höhe von 4700 bis 5000 *m* schmelzen.

In den Moränen der nördlichen Gletscher herrschen krystallinische Schiefer vor; in denen der südlichen Gneisse.

Das Firn- und Gletschergebiet des Mus-tag-ata-Massivs ist ganz und gar isoliert. Die nördliche Fortsetzungskette, das Kaschgargebirge, ist auch vergletschert, aber die Gletscher sind kleiner als die des Mus-tag-ata.«

Die Eiszeit. James Geikie's Werk über die Eiszeit[1]), welches in neuer Auflage erschien, stellt die Glazialerscheinungen in ihrem Zusammenhange und ihren Ursachen zum grossen Teile auf Grund eigener Forschungen des Verf.'s dar. Geikie nimmt drei grosse Eiszeiten an, ausserdem noch drei folgende, die successive unbedeutender wurden. Seine Ausführungen basieren hauptsächlich auf den Untersuchungen der Glazialgebilde Schottlands. Daneben fanden Untertauchungen und Hebungen des Landes statt. Die mit Wasser erfüllten Felsbecken Schottlands sind nach Geikie durch Gletschererosion entstanden. Ähnliche Vorgänge wie in Grossbritannien spielten sich in Skandinavien ab. Brückner fasst die Ausführungen Geikie's übersichtlich wie folgt zusammen[2]): »Gewaltige Strandverschiebungen erlebte das Gebiet des skandinavischen Inlandeises. Ein Untertauchen des Landes südlich der Ostsee ging der Ablagerung des oberen Geschiebelehms der baltischen Küstenländer (Geikie's vierte Eiszeit) voraus; es kommunizierte damals die Ostsee über Holstein hinweg frei mit der Nordsee; grosse Teile von Schleswig und den dänischen Inseln waren unter Wasser. In Westpreussen bei Freistadt liegen in 114 *m* Höhe marine Ablagerungen dieser Periode, in Holstein reichen sie bis 70 *m*, auf Rügen bis 50 *m*, auf Bornholm bis 16 *m*, auf den dänischen Inseln nur bis 10 *m* Höhe empor, und in Schonen befinden sie sich im Meeresniveau. Die Auflösung des grossen Baltischen Gletschers war von einem abermaligen Untertauchen des Landes begleitet und gefolgt. Die Ostsee trat diesmal durch mehrere Strassen quer über Zentral-

---

1) The Great Ice Age. 3. Edition. London 1893.
2) Petermann's Mitteilungen 1895. p. 173.

schweden hinweg mit der Nordsee und ebenso über den Ladoga- und Onegasee mit dem Weissen Meere in Verbindung. Yoldiasee wird diese weite Wasserfläche nach dem Hauptfossile Yoldia arctica genannt. Damals entstanden die hohen Strandlinien Norwegens. Im Norden Russlands hatte das Eismeer auf weite Strecken hin das Land überschwemmt. Dass das Klima kalt war, zeigt ausser der marinen Fauna auch die Flora. Es folgte eine Periode, in der sich eine breite Landbrücke von Nordwestdeutschland nach Skandinavien erstreckte. Torflager jener Periode trifft man heute in Südschweden 30 *m* unter dem Meere. Damals war Grossbritannien ein Teil des Festlandes; die Ostsee aber war vom Meere abgeschnitten und ein Süsswassersee (Ancylussee, nach dem Leitfossile Ancylus fluviatilis). An der russischen Ostseeküste stand der Seespiegel höher als vorher; denn die Ancylusschichten ruhen auf Torfschichten mit Baumresten, in deren Liegendem erst die Yoldiaschichten auftreten. Uferlinien des Ancylussees sind vielfach an der russischen Ostseeküste vorhanden; sie liegen 15, ja bis 30 und 45 *m* über dem heutigen Meeresspiegel. Abflusskanäle des Ancylussees sind in tiefen Rinnen im Sunde (79 *m* tief), im Grossen und im Kleinen Belte am Grunde angedeutet. Das Klima war damals, nach der Flora und Fauna zu urteilen, gemässigt. Es folgt abermals eine Senkung des Landes, welche die Ostsee in freie Verbindung mit der Nordsee bringt. Das Meer steht in Südschweden wenigstens 50, in Südnorwegen 115 *m* höher als heute (Littorinasee). Die Fauna weist auf ein salzigeres und wärmeres Wasser hin als das heutige; auch die Flora hatte im Vergleiche zur heutigen einen wärmeren Charakter. Geikie stellt sowohl den Ancylussee wie die Littorinasee in seine vierte Interglazialzeit. Später erst bildeten sich die heutigen Verhältnisse heraus. Kürzer werden die diluvialen Gletscher Mitteleuropas geschildert. Geikie deutet an, dass er manche der hier als Moränen beschriebenen Ablagerungen auf Grund eigener Beobachtungen eher für Rubbledrift halten möchte, d. h. für Schutt der Glazialzeit, entstanden unter Mitwirkung von Schnee, aber ausserhalb des vergletscherten Gebietes, so ein Teil der moränen Steinmassen im Schwarzwalde, so die entsprechenden Ablagerungen der Rauhen Alb und des Frankenjura. Die Vergletscherung des Riesengebirges wird nach Partsch geschildert. — In den Alpen lassen sich drei grosse Eiszeiten unterscheiden, deren drei Moränen sich nördlich vom Bodensee und am Gardasee vorfinden. Die durch ein sehr mildes Klima ausgezeichnete erste Interglazialzeit wird durch die interglazialen Fossillager zu Pionico, Leffe und in der Höttinger Breccie bei Innsbruck repräsentiert, die zweite Interglazialzeit durch die verschiedenen schweizerischen Schieferkohlen, die Kohlen von Sonthofen u. s. w. Ausserdem ist jede Interglazialzeit durch Bildung einer Verwitterungsschicht sowie durch intensive Thalbildung in den Glazialschottern im Alpenvorlande ausgezeichnet.

Auch in den Alpen trifft man Erdmoränen eines kleineren Gletscherstandes, und zwar in zwei Dimensionen. Geikie hält sie für Zeugen zweier kleineren, ganz selbständigen Gletschervorstösse, während Penck in ihnen Rückzugsmoränen der letzten grossen Eiszeit sieht. Das nordamerikanische Inlandeis steht einzig da durch seine Grösse: es bedeckte über 8000000 *qkm*; dann aber auch dadurch, dass es gar nicht von einem Gebirge, sondern von der Hudsonsbai oder richtiger von zwei Zentren ausstrahlte, von denen das eine östlich der Hudsonsbai in Labrador, das andere unmittelbar westlich der Hudsonsbai lag. Wie in Europa, so finden sich auch im Bereiche des nordamerikanischen Inlandeises die Spuren von mehreren Eiszeiten, die durch Interglazialzeiten getrennt sind.

Die drei Glazialformationen sind durch Interglazialablagerungen voneinander geschieden. Diese bestehen teils in Verwitterungsschichten, teils in Anhäufungen von Vegetationsresten, zum Teile regelrechten »Forest-beds«. Die Vegetation weist für die erste Interglazialzeit auf ein Klima hin, das, wenn überhaupt, dann doch nur wenig kühler war als das heutige. Fossilschichten bei Toronto von 40 *m* Mächtigkeit, die wohl am besten der zweiten Interglazialzeit zugerechnet werden, die der Bildung der Ostwisconsinformation voranging, enthalten eine Fauna und Flora, die auf ein milderes Klima zu schliessen zwingt, als es heute dort herrscht. Nachdem das Eis der Ostwisconsinformation sich vom St. Lorenzthale zurückgezogen hatte, folgte ein Untertauchen des Landes, das bei Montreal im Vergleiche zur heutigen Seehöhe 170 *m* betrug: es lagerten sich die marinen Champlainschichten ab. Die Übereinstimmung der Folge der Ereignisse in Amerika und Europa ist bemerkenswert, wenn auch die Parallelisierung im einzelnen noch nicht definitiv ist.

Die Ergebnisse der Beobachtung d. h. der derzeitigen Deutung wahrgenommener Erscheinungen, die auf die Glazialepoche bezogen werden, machen die Frage nach der Ursache der Eiszeit immer brennender. Geikie bringt in dieser Beziehung nichts neues, sondern steht auf dem Boden der Croll'schen Hypothese, deren Unzulässigkeit ihm nicht bekannt zu sein scheint.

Die Ursachen der Eiszeit hat Luigi de Marchi behandelt als Beantwortung einer Preisausschreibung des kgl. lombardischen Institutes. Die Abhandlung selbst ist noch nicht gedruckt, sondern nur ein Bericht über dieselbe von Prof. Schiaparelli, dem das nachfolgende entnommen ist[1]).

Der Verf. hat sich hauptsächlich an den meteorologischen Teil des Problems gehalten. Obwohl sich der Gegenstand zu einer präzisen mathematischen Behandlung nicht sehr eignet, ist es dem Autor trotzdem gelungen, in einer strengeren Form, als es bisher geschehen ist, alles das darzulegen, was die Zufuhr und Abfuhr

---

[1]) Vgl. Gaea 1895. p. 535 u. ff.

eines Gletschers bildet, und die wesentlichen Bedingungen seines Wachsens und Schwindens zu bestimmen. Diese Erörterungen auf das vorliegende Problem anwendend, führen ihn schon zu allem Anfange dahin, die Unmöglichkeit der sogenannten orographischen Hypothese zu beweisen, nach welcher das Vorrücken der quaternären Gletscher von einer bestimmten Erhebung der von ihnen bedeckten Fläche hervorgerufen wäre. Ferner untersucht er die Ansicht, welche der Eisperiode eine höhere Temperatur der Luft und eine damit verbundene grössere Verdunstung zuschreibt, und findet dieselbe ebenso unannehmbar. Zum Schlusse gelangt er zur Anschauung, dass das Hereinbrechen der glazialen Periode durch eine allgemeine Erniedrigung der Temperatur hervorgerufen wurde, verbunden (sei es als Folge — oder als einfache Begleiterscheinung) mit einer allgemeinen Erhöhung der Feuchtigkeit und des Niederschlages. Diese Temperaturerniedrigung wäre ferner eher einer Abnahme der Sommertemperatur als der Wintertemperatur zuzuschreiben und daher einer Abnahme der Jahresschwankung der Temperatur.

Für diese Ansichten findet er eine Bestätigung in der Untersuchung der periodischen Schwankungen des Vorrückens und Zurückweichens der Gletscher. Es hat sich ergeben, dass jeder Hauptperiode des Vorrückens der Gletscher eine Reihe von sehr regenreichen und relativ kälteren Jahren vorangeht, während die wichtigsten Perioden des Zurückweichens fast gleichzeitig sind mit den Jahren der höchsten Temperaturen und geringeren Regenmenge. Die gegenseitige Abhängigkeit zwischen den Niederschlägen und der Temperatur im bereits angedeuteten Sinne erscheint auch im allgemeinen durch die Untersuchungen Brückner's über die gegenwärtigen Klimaschwankungen bestätigt. Für diese ist in unzweifelhafter Weise nachgewiesen, dass nicht eine Erwärmung, wohl aber eine Erkältung des Klimas notwendig ist, um eine grössere Feuchtigkeit und grösseren Niederschlag hervorzurufen.

So erscheint das vorgelegte Problem auf die Untersuchung jener astronomischen, geographischen und meteorologischen Bedingungen reduziert, welche im stande sind, die mittlere Temperatur und ihre jährliche Schwankung zu verringern, um gleichzeitig die Verdunstung und die Niederschläge — in Schneeform — zu vermehren. Der Autor untersucht die verschiedenen physikalischen Elemente, welche die Temperatur der Atmosphäre in jedem beliebigen Punkte derselben bestimmen, ebenso die analytische Funktion, welche die Temperatur durch diese Elemente ausdrückt. Unter diesen führt er das von Zenker zum ersten Male in seiner Abhandlung: »Über die Verteilung der Wärme auf der Oberfläche der Erde« (Berlin 1888) definierte Element der »Kontinentalität« ein, wodurch er in die Lage versetzt wurde, die Unregelmässigkeiten der Isothermen, hervorgerufen durch die Verteilung des Festlandes und des Meeres, darzustellen und mit einiger Annäherung auch

den Einfluss der ozeanischen und atmosphärischen Strömungen zu schätzen.

Nach diesen Vorarbeiten geht der Autor zur eigentlichen Diskussion des vorgelegten Problems über. Er beginnt mit der Prüfung einiger berühmter astronomischer Hypothesen und beweist, dass weder die Variationen der Intensität der Sonnenstrahlung, noch jene der Schiefe der Ekliptik, noch jene der Exzentrizität der Erdbahn, welche Croll als Grundlage seiner berühmten Theorie angenommen, genügend sind, um alle beobachteten oder in den vorhergehenden Abschnitten mit Recht abgeleiteten Thatsachen erklären zu können. Namentlich anregend erscheint die lange Diskussion der Croll'schen Hypothese, welche in der letzten Zeit nicht wenige Anhänger gefunden hat. Der Autor giebt zu, dass dem Vorhandensein einer Änderung der Exzentrizität in gleichen Breiten der beiden Hemisphären eine Verschiedenheit nicht in der mittleren Temperatur wohl aber in der Jahresschwankung der Temperatur folgen kann, und gestützt auf die im zweiten Abschnitte mathematisch entwickelte Theorie bestimmt er auch numerisch, wie gross diese Verschiedenheit sein kann. Für den gegenwärtigen Zustand der Exzentrizität findet er, dass die Jahresschwankung der Temperatur in der Nordhemisphäre vielleicht um einen Grad vermindert und um ebensoviel in der Südhemisphäre vermehrt sein kann. Solche Differenzen ergeben sich aber nicht aus den Beobachtungen, da sie durch stärkere meteorologische Einflüsse anderer Natur verdeckt erscheinen. Aber in der Vergangenheit, wo die Exzentrizität einen vier- bis fünfmal so grossen Wert erreicht hat als der gegenwärtige, konnte dieselbe in der jährlichen Schwankung der Temperatur Unterschiede von mehreren Graden in den gleichen Breiten beider Hemisphären hervorrufen. Es ist daher die Veränderlichkeit der Exzentrizität ein entschieden nicht zu vernachlässigendes klimatologisches Element; eine strenge Diskussion ihrer Einzelwirkungen führt aber zum Schlusse, dass in der Schätzung dieser Wirkungen, sei es im allgemeinen Probleme der geologischen Klimatologie, sei es im speziellen der Eiszeit, Croll und alle, die seine Theorie annahmen, ihre Wichtigkeit übertrieben oder dieselbe in einer Weise auffassten, wozu sie weder nach der Theorie, noch gemäss den Beobachtungen der Thatsachen berechtigt waren.

Eine der Hauptgrundlagen der Croll'schen Hypothese ist die sogenannte Temperatur des Weltraumes, welcher der Autor eine lange Nebenuntersuchung widmet.

Er giebt eine Übersicht der verschiedenen Hypothesen, welche die Grundlage der Berechnungen von Fourier, Pouillet, Liais, John Herschel, Fröhlich, Pernter bildeten, und nachdem er dieselben eingehend untersucht hat, schliesst er, dass das geheimnisvolle klimatologische Element »Temperatur des Weltraumes« genannt, zu welchem Croll und die Anhänger seiner Eistheorie Zuflucht genommen haben, ein Element ist, welches sich bisher unserer Diskussion entzieht.

Ohne a priori ausschliessen zu können, dass es zu jener Modifikation des terrestrischen Klimas, welche zum Entstehen der Eiszeit geführt hat, beigetragen haben kann, kann man sich derzeit damit doch nicht befassen; es könnte ein Reserveargument für die Zukunft bilden, wenn alle übrigen einer wissenschaftlichen Diskussion leichter zugänglichen Erklärungen ausgeschieden wären.

Es folgt die Untersuchung der geographischen Hypothesen, wie die von Lyell und Stoppani, nach welchen für die Erklärung der Glazialphänomene auch für die gemässigten Zonen gewisse Änderungen in der Verteilung der Meeres- und Landflächen genügen würden.

Angenommen, dass diese Verteilung während der Eisperiode von der gegenwärtigen besonders verschieden gewesen sei (was noch zu beweisen wäre, und von vielen verneint wird), so könnte man mit einer solchen Hypothese gewiss bedeutende Änderungen der Temperatur und der Feuchtigkeit einer bestimmten Region begründen. Der Autor glaubt aber, dass diese Einwirkung zu sehr überschätzt wurde,. und kann nicht annehmen, dass man auf diese Art Rechenschaft über die Vereisung von Regionen der gemässigten Zone geben könne.

Nach diesen Ausscheidungen vereinigt er die Folgerungen der in seiner Arbeit untersuchten und bewiesenen Thatsachen. Die Grundhypothese, welche er als die wahrscheinlichste annimmt, ist die einer besonderen Abnahme der Durchsichtigkeit der Atmosphäre, verursacht durch das Hinzutreten einer das Gewöhnliche überschreitenden Menge von Wasserdampf, als deren Folge, einen bestimmten Zeitraum hindurch, ein dem gegenwärtigen besonders überlegener Grad von Regenfähigkeit und Bewölkung erreicht wurde. Die aus dieser Hypothese von ihm bewiesenen Schlüsse sind:

1. Zur Eiszeit bestand eine Abnahme der Temperatur, sowohl über dem Ozeane als über den Kontinenten, aber mehr über dem ersten als über den letzteren, folglich ein kleinerer Unterschied zwischen See- und Kontinentalklima.

2. Diese Abnahme, welche am Äquator verschwindet, wächst bis beiläufig bis zum 70. Breitengrade, um von da wieder in den Polarregionen abzunehmen.

3. Eine Verminderung der jährlichen Schwankung der Temperatur.

Alle diese Umstände hat der Autor als mit der Eiszeit innig verbunden nachgewiesen. Er neigt zur Ansicht, dies alles als eine einfache Zunahme der Perioden mit grösserer Feuchtigkeit anzusehen, welche sich auch heutzutage nach den Untersuchungen Brückner's in Zwischenräumen von beiläufig 35 Jahren folgen; eine Zunahme, hervorgerufen durch eigene Umstände, welche nach der einmütigen Zustimmung der Geologen zu einer bestimmten Zeit der quaternären Epoche vorherrschen mussten, als infolge der ausserordentlichen Niederschläge sich die unter dem Namen diluvische und

alluvische Erscheinungen bekannten unermesslichen postpliocänen und quaternären Ablagerungen bildeten.

Den Ursachen dieser reichlichen Niederschläge (welche nicht eine Hypothese, sondern eine Thatsache sind) nachzuforschen, bildet eine eigene Frage. Der Autor bespricht einige Hypothesen, welche zu diesem Zwecke vorgebracht wurden, unter anderen jene von A. Robert, nach welcher sich dieselben als Folge einer grösseren Verdunstung erklären würden, hervorgerufen durch eine bedeutend ausgedehntere und stärkere Vegetation, und die von Stoppani, welcher dieselben einer grösseren Ausdehnung der Meere, namentlich der tropischen, zuschreiben möchte, und die andere, von Charpentier, neuestens wieder durch Taramelli, angenommene, nach welcher diese ausserordentliche Zunahme des Wasserdampfes einem Wachsen der vulkanischen Thätigkeit der Erde entsprechen würde. Die Untersuchung dieser letzten Hypothese hat den Autor auf wichtige Ergebnisse geführt.

Die in den Katalogen von Fuchs und Russel vom Anfange dieses Jahrhunderts bis zum Jahre 1875 angeführten vulkanischen Ausbrüche ordnend, forscht er nach, ob in der Frequenz dieser Eruptionen irgend ein Zusammenhang mit den von Brückner entdeckten 35jährigen Regenperioden vorhanden ist, und gelangt zu einem negativen Resultate, das heisst zur Folgerung, dass im gegenwärtigen Zustande unserer Kenntnisse diese Zusammenstellung eher gegen die Hypothese wäre, welche nach Charpentier die Glazialerscheinung und die quaternären Diluvien einer grösseren vulkanischen Thätigkeit dieser Periode zuschreiben möchte. Aus derselben Statistik folgt aber in evidenter Weise, dass es doch eine Periodizität in der Frequenz der Eruptionen giebt, eine Aufeinanderfolge von Maxima und Minima in einer elfjährigen Periode, unzweifelhaft derjenigen der Sonnenflecke entsprechend; die grösste vulkanische Thätigkeit der Erde mit der geringsten Häufigkeit der Sonnenflecke übereinstimmend und umgekehrt. Dieser neue Zusammenhang zwischen der periodischen Thätigkeit der Sonne und der vulkanischen der Erde bildet für sich eine nicht nur wichtige, sondern auch unerwartete Entdeckung.

Der Autor legt sodann dar, wie die von ihm angenommene Hypothese den Vorteil besitzt, drei geologische, dem Anscheine nach so verschiedene Vorkommnisse einer einzigen Ansicht unterzuordnen und auf dieselbe Ursache zurückzuführen, und zwar die Glazialperiode, die quaternären Alluvionen und die höheren Temperaturen der Polarregionen während eines bestimmten Zeitraumes der tertiären Zeit.

Er beweist, dass es zur gemeinsamen Erklärung dieser Thatsachen nicht genügt, eine Variation der Sonnenstrahlung anzunehmen. Die gleichförmigere Temperatur der tertiären Zeit hört hingegen auf, eine unerklärliche Thatsache zu sein, wenn man annimmt, dass in dieser Epoche die Atmosphäre durchsichtiger war als jetzt, und mit

sehr gemässigten Hypothesen über diese Durchsichtigkeit gelingt es dem Autor, die Schlüsse Heer's zu bestätigen. Auf diese Art hört die Eiszeit auf, eine isolierte Thatsache in der Erdgeschichte zu sein, diese Periode und die vorangehende der polaren Floren von Heer und die grossen Regenfluten, welche die quaternäre Periode einleiteten, stellen sich als Anomalien oder Abweichungen derselben Ordnung, aber des entgegengesetzten Zeichens, von einem gleichen normalen Zustande dar.

Das chronologische Alter der Eiszeit. Einen neuen Versuch, in dieser Beziehung zu Resultaten zu gelangen, hat Professor Heim veröffentlicht[1]). Er führt folgendes aus:

»Quer durch das Gersauerbecken des Vierwaldstättersees zieht unter Wasser eine grosse Moräne. Sie erhebt sich durchschnittlich ca. 120 *m* über den unterhalb folgenden flachen, im Mittel 200 *m* tiefen Seeboden und reicht stellenweise bis an 70 *m* unter die Oberfläche des Sees hinauf. Von der Moräne thalaufwärts bis zum Delta der Muotta ist der Seeboden ebenfalls ein total ebener Schlammgrund. Allein in diesem Seestücke liegt er nur 110 bis 120 *m* unter der Wasserfläche, also etwa 80 *m* höher als unterhalb der Moräne. Die Erhöhung durch das Muottadelta bildet eine flache Barriere bis an das jenseitige Ufer und begrenzt die Reussschlammablagerung thalabwärts. Oberhalb folgt der Urnerseeboden, der 180 bis 200 *m* unter dem Seeniveau liegt, also wieder bis über 80 *m* tiefer. Der Gersau-Beckenriederseeboden ist fast genau die Fortsetzung des Urnerseebodens. Dazwischen liegt das erhöhte Stück vom Muottadelta bis an die unterseeische Moräne. Es ist klar, dass die Erhöhung dieses Stückes bloss bedingt sein kann durch die Konzentration des Muottaschlammes auf dieses Stück. Die Moräne wirkte als Barriere und liess das trübe Muottawasser, das sich am Seegrunde ausbreitete, nicht weiter abwärts gehen. Die Moräne ist scharf in ihren Formen, nicht verfegt.

Sie gehört offenbar einem Stillstande des Gletscherendes in der letzten grossen Rückzugsperiode an. Die Hinterfüllung mit Muottaschlamm kann erst begonnen haben, nachdem der Gletscher die Moräne fertig abgelagert und das Seebecken dahinter wieder zu verlassen begonnen hatte. Die Erhöhung des Bodens auf dem Stücke Muottadeltamoräne hat also unmittelbar am Ende der Eiszeit beim grossen Rückzuge begonnen und dauert heute noch fort. Die Auffüllung des Urnersees ist im Rückstande geblieben, weil sich das Schwemmmaterial der Reuss auf eine viel grössere Fläche verteilen musste. Das Auffüllungsmaterial der Muotta hingegen erhöhte 80 bis 90 *m* mehr, weil es durch die Moränenbarriere auf eine kleinere Strecke sich konzentrieren musste.

Um weiter zu gehen, müssen wir nun eine Ausnahme machen, die zwar nicht exakt, aber doch in diesem Falle zulässig erscheint.

[1]) Vierteljahrsschrift der Naturf.-Gesellschaft in Zürich **39.** 2. Heft.

Wir nehmen an, dass die Sand- und Schlammmassen, welche Reuss und Muotta in den Vierwaldstättersee spülen, in direkter Proportion stehen zur Ausdehnung der zugehörigen Sammelgebiete. Selbstverständlich wird ausserdem die Dicke der Schlammauffüllung umgekehrt proportional sein der Grösse der Fläche, auf welcher sie stattgefunden hat. Nun können wir berechnen, welches das Verhältnis in der Bodenerhöhung von Muotta zur Bodenerhöhung durch die Reuss ist. Es wird die Proportion gelten:

$$\frac{\text{Sammelgebiet der Reuss}}{\text{Sammelgebiet der Muotta}} \times \frac{\text{Schlammablagerungsfläche der Muotta}}{\text{Schlammablagerungsdicke der Reuss}} = \frac{\text{Schlammablagerungsdicke der Reuss}}{\text{Schlammablagerungsdicke der Muotta}}$$

Hierin sind folgende, aus den Karten gemessene Zahlen einzusetzen:

Sammelgebiet der Reuss ohne Delta	=	825	Quadratkilometer
» » Muotta » »	=	238	»
Schlammablagerungsfläche der Reuss	=	10.31	»
» » » Muotta	=	2.125	»

Das ergiebt:

$$\frac{825}{238} \times \frac{2.125}{10.310} = \text{rund } \frac{5}{7}.$$

Die ursprüngliche Basis des Sees, auf welchem seit dem Gletscherrückzuge die Ablagerungen stattfanden, ist nun zu bestimmen. Wir bezeichnen die unbekannte Dicke der Erhöhung des Urnerseebodens über dem ursprünglichen Seegrunde mit x. Dann gilt:

$$x : x + 80 = 5 : 7;$$

hieraus berechnet sich x = 200 *m*.

Der Boden des Urnersees mag also noch etwa 200 *m* tiefer gewesen sein. Seine Tiefe betrug somit ca. das Doppelte wie heute, und heute nach Abschluss der seebildenden Versenkung der Alpen lag der Urnerseeboden noch ca. 40 *m* über Meer.

Die Berechnung der absoluten Volume der Delta von diesem Niveau bis hinauf ist allerdings mit vielen Fehlerquellen behaftet. Die Oberfläche lässt sich leicht bestimmen, das Gefälle der Thalgänge unter die Delta, sowie das Gefälle des Deltagrundes selbst oder die Dicken des Deltas an verschiedenen Stellen sind ungefähr zu schätzen. Leon Wehrli hat diese Messungen und Rechnungen nach der Anleitung des Verfassers durchgeführt und gefunden:

Volumen des Muottadeltas Minimum	= 0.88	*ckm*
Maximum = 2.4 *ckm*, wahrscheinlichstes	= 1.50	»
Volumen des Reussdeltas Minimum	= 2.07	»
Maximum = 12 *ckm*, wahrscheinlichstes	= 6	»

Die jährliche Geschiebeführung der Reuss ist von dem Verf. früher (Über die Erosion im Gebiete der Reuss, Jahrbuch des

Schweizer Alpenklubs, 14. 1879) zu 200000 *cbm* per Jahr gemessen und geschätzt worden. Diejenige der Muotta können wir danach

$$\text{annehmen zu } 200000 \frac{238}{825} = 66000 \text{ } cbm.$$

Das Alter des Muottadeltas ergiebt sich sonach in Jahren:

Minimum	$= \frac{880000000}{66000}$	= ca. 13000 Jahre
Maximum	$= \frac{2400000000}{66000}$	= ca. 36000 »
wahrscheinlichstes	$= \frac{1500000000}{66000}$	= ca. **23000** »

Das Alter des Reussdeltas ergiebt sich danach in Jahren zu:

Minimum	$= \frac{2070000000}{200000}$	= ca. 10350 Jahre
Maximum	$= \frac{12000000000}{200000}$	= 60000 »
wahrscheinlichstes	$= \frac{6000000000}{200000}$	= **30000** »

Nun ist aber sehr wahrscheinlich die Zahl 200000 und die davon abgeleitete Zahl 66000 zu klein. Verf. ist mehr und mehr zur Überzeugung gekommen, dass, wenn die Reuss jährlich 150000 *cbm* grobe Geschiebe, wie wir messend festgestellt haben, in den See spült, der Sand und Schlamm, der nicht unmittelbar an der Mündung liegen bleibt, auf ebensoviel, das Ganze auf 300000 *cbm* per Jahr geschätzt werden müsse. Danach würden alle obigen Zahlen von Jahren auf $^2/_3$ zu reduzieren sein. Ausserdem ist hervorzuheben, dass die Dimensionen für das Reussdelta wahrscheinlich zu gross angenommen sind, weil ein Teil des Deltavolumens schon aus früherer — vielleicht interglazialer — Zeit stammen wird, während die örtlichen Verhältnisse diesen Fehler für das Muottadelta viel geringer zeigen. Halten wir uns also an die für das Muottadelta wahrscheinlichste Alterszahl von 23000, und reduzieren wir dieselbe noch aus angegebenen Gründen auf $^2/_3$, so erhalten wir für die Zeit, welche seit dem Rückzuge der Gletscher aus den grossen Seethälern verstrichen ist, als wahrscheinlichste Grösse ca. **16000** Jahre.

Die ebene Reussschlammauffüllung am Boden des Urnersees haben wir auf ca. 200 *m*, diejenige oberhalb der Moränenbarriere, von der Muotta stammend, 310 bis 320 *m* annähernd berechnet. Daraus ergäbe sich eine mittlere Schlammerhöhung des Urnerseebodens von ca. 12 *mm*, des Bodens oberhalb der Moränenbarriere von ca. 20 *mm* per Jahr. Nun ist anzunehmen, dass mit dem Rückzuge der Gletscher das Verhältnis vom Schlamme zu gröberem nahe der Mündung sich ablagerndem Geschiebe zu Ungunsten des ersteren sich verändert hat, so dass wir gegenwärtig eine kleine jährliche Bodenerhöhung für wahrscheinlich halten. Schon vor vielen

Jahren hat Verf. Versuche gemacht, diese Schlammerhöhung experimentell zu bestimmen. Dieselben missglückten. Ich werde sie erneuern und dadurch eine rückwirkende Kontrolle unserer Berechnung erhalten. Obige Zahlen stehen der Wirklichkeit sehr nahe, indem Professor Forel die jährliche Schlammablagerung am Grunde des Lemansees bei freilich viel ausgedehnterer Ablagerungsfläche, aber auch viel schlammreicherem Strome auf 1 *cm* per Jahr schätzt.

In unserer Berechnung stecken eine Menge kleinerer und grösserer Fehlerquellen. Ich habe mit Wehrli dieselben alle eingehend überlegt und ihren Einfluss auf das Resultat zu berechnen versucht. Manche der Fehler heben sich gegenseitig wieder auf, andere nicht. Es lohnt sich nicht, dieselben alle hier zu diskutieren. Wenn wir alle Fehler möglichst ungünstig sich kombinierend und gross annehmen, mag sich das Resultat um 50 % — vielleicht nach oben sogar um 100 % ändern. Allein trotz dieses möglichen Fehlers bleibt es immer ein interessantes, nützliches Resultat. Auf grössere Genauigkeit konnten wir von vornherein niemals hoffen. Wir haben so viel erreicht, sagen zu können, dass seit dem Rückzuge der diluvialen grossen Gletscher der letzten Vergletscherung wenigstens 10 000, höchstens 50 000 Jahre vergangen sind, und dass es sich jedenfalls bei der Frage nach dem Alter der Eiszeit weder um einzelne wenige Jahrtausende, noch um Jahrhunderttausende, wohl aber um einige Jahrzehntausende handelt. Die Grössenordnung der Jahrzahl darf doch wohl als ein sicherer Gewinn unserer kleinen Untersuchung angesehen werden — ein Gewinn, der übrigens in vollem Einklange steht mit dem, was mir in Erwägung aller Thatsachen stets als das Wahrscheinlichste erschienen ist. Wenn 16 000 Jahre seit der letzten Vergletscherung entschwunden sind, so schätze ich aus interglazialen Schieferkohlen, interglazialer Thalbildung u. s. w., dass 100 000 Jahre seit Beginn der ersten Vergletscherung verflossen sein mögen.«

13. Die Lufthülle im allgemeinen.

Argon, ein neuer Bestandteil der Atmosphäre. Die sehr unerwartete Entdeckung, dass unsere atmosphärische Luft einen der bisherigen Forschung entgangenen chemischen Hauptbestandteil enthält, ist von Lord Rayleigh und William Ramsay gemacht worden[1]. In einer besonders einberufenen Sitzung der Royal Society zu London vom 31. Januar 1895 haben die genannten Forscher die Ergebnisse ihrer Untersuchungen vorgetragen und gleichzeitig mitgeteilt, dass sie dem neuen Elemente wegen seiner Inaktivität den Namen Argon beigelegt haben mit dem Symbole A. Die wichtige Entdeckung wurde dadurch angebahnt, dass die beiden Forscher bei wiederholten Bestimmungen fanden, dass Stickstoff, welcher aus seinen Verbin-

[1]) Nature 1895. **51.** p. 347.

dungen abgeschieden wird, leichter ist, als der Rest, der nach Absorption von Wasser, CO_2 und Sauerstoff aus der Luft zurückbleibt. Ein Liter atmosphärischer Stickstoff wiegt 1.2572 *g*, reiner Stickstoff aus chemischer Quelle wiegt 1.2505 *g*. Dargestellt wurde der reine Stickstoff aus Stickoxyd, Stickoxydul, Harnstoff, Ammoniumnitrit und dem Ammoniak, welches durch die Einwirkung atmosphärischen Stickstoffes auf Magnesium und Zersetzung des Magnesiumnitrits durch Wasser erhalten worden war. Durch die Bestimmung des Chlors im Chlorammonium aus dieser Quelle ergab sich mit Sicherheit, dass Magnesium aus atmosphärischem Stickstoffe keine andere Substanz entzieht, als die in den Stickstoffverbindungen enthaltene. Durch Einwirkung von Induktionsfunken auf Luft und überschüssigen Sauerstoff ergab sich, dass der nicht in Stickoxyd überführbare, aus Argon bestehende Rest 0.76 % vom Volumen der Luft ausmacht. Die Gewinnung von Argon auf diesem Wege nimmt viel Zeit in Anspruch, da in der Stunde nur 30 *ccm* des Stickstoff-Sauerstoffgemisches eine Verbindung eingehen. Stickstoff aus Luft, die Pfeifenröhren passiert hatte, welche sich in einem evakuierten Glasrohre befanden, war schwerer als gewöhnlicher »atmosphärischer Stickstoff«. Das neue Element diffundiert langsamer, als der Stickstoff, und reichert sich daher in dem nicht diffundierten Teile der Luft an. Der hieraus sich ergebende Schluss, dass nicht etwa die Einwirkung des heissen Magnesiums oder der Induktionsfunken das Argon bildet, sondern dass dieses fertig in der Atmosphäre vorhanden ist, wurde noch dadurch bestätigt, dass aus chemischer Quelle stammender Stickstoff beim Leiten über erhitztes Magnesium vollständig absorbiert wird, und dass dasselbe stattfindet, wenn man ihn in Gegenwart von Kalilauge und Sauerstoff der Einwirkung von Induktionsfunken unterwirft.

Um grosse Mengen Argon darzustellen, wurde Luft vom Sauerstoffe durch glühendes Kupfer und vom Stickstoffe durch glühendes Magnesium befreit. Ferner wurde das Gas dadurch bereitet, dass Platinpole eines Induktionsapparates bei hoher Spannung und häufigem Wechsel in ein Gemisch von Stickstoff mit Sauerstoff gebracht wurden. Hierbei entsteht, wie Crookes gezeigt hat, eine Flamme brennenden Stickstoffes, und es gelang dadurch, drei Liter des Gemisches in einer Stunde zu absorbieren. Aus dem Gehalte der Luft an Argon und dem Gewichtsunterschiede zwischen atmosphärischem und reinem Stickstoffe ergiebt sich die Dichte des Argons, bezogen auf $O_2 = 16$ zu 20.6. Die Dichte des Gases, welches durch Absorption mittels des Induktionsfunkens dargestellt war, betrug 19.7, und die Dichte des durch glühendes Magnesium isolierten Argons betrug 19.9; die Bestimmungen der Dichte sind noch nicht einwandfrei.

Das Spektrum des Argons ist von Crookes untersucht worden. Man erhält das deutlichste Spektrum bei 3 *mm* Druck. Hierbei ist die Farbe rot, und zwei deutliche Streifen treten bei den Wellenlängen 69.656 und 706.64 auf. Unter anderen Umständen tritt

blaues Licht auf, und hierbei hat das Spektrum 119 Linien, von denen sich nur 26 unter den 80 Linien des rotglühenden Gases finden. Das rote Licht tritt zuweilen an dem positiven und das blaue an dem negativen Pole auf. Das deutet darauf, dass vielleicht im Argon ein Gemisch von zwei Gasen vorliegt. Wenn wenig Stickstoff dem Argon beigemengt ist, so verschwindet das Spektrum des ersteren nach kurzer Zeit, indem der Stickstoff von dem verdampfenden Platin gebunden wird. In der Luft lässt sich Argon spektroskopisch nur schwer nachweisen, weil das Spektrum nur bei grosser Verdünnung auftritt, bei welcher die Röhren kaum mehr leiten.

100 *ccm* Wasser lösen bei 13.9° 4.05 *ccm* Argon, also $2^1/_2$mal soviel als Stickstoff. Daraus ergab sich die Möglichkeit, dass das Regenwasser mehr Argon gelöst enthält, als Stickstoff. In der That zeigte das aus Regenwasser ausgepumpte Gas nach Entfernung des Sauerstoffes und der anderen Beimengungen ausser Stickstoff ein deutlich höheres spezifisches Gewicht, als »atmosphärischer Stickstoff«. — Das Verhältnis der spezifischen Wärme bei konstantem Drucke und bei konstantem Volumen wurde nach der Methode von Kundt aus der Schallgeschwindigkeit bestimmt. Es ergab sich hieraus das Verhältnis 1.61, also eine Zahl, die der für einatomige Gase berechneten Zahl 1.66 sehr nahe liegt. Die Verflüssigung und Verfestigung des Argons ist von Olszewski vorgenommen worden. Die kritische Temperatur ergab sich zu —119.8 bis —121.6°, der kritische Druck konstant zu 50.6 Atmosphären. Unter atmosphärischem Drucke siedet das farblose, flüssige Argon bei —186.9°, seine Dichte ist 1.5, also viel höher als die Dichte des flüssigen Sauerstoffes 1.124. Bei —189.6° erstarrt das Argon zu einer festen, eisartigen Masse. Die Versuche von Olszewski sprechen dafür, dass das Argon ein einheitlicher Körper ist. — Allen chemischen, bisher geprüften Einwirkungen widersteht das Argon. Es wird weder von Wasserstoff, noch von Sauerstoff unter der Einwirkung elektrischer Entladungen, noch von Chlor, Phosphor, Schwefel, Tellur, Natrium, Kalium, Ätznatron, Natronkalk, Salpeter, Natriumsuperoxyd, Persulfiden, Platinschwamm, Platinmohr, Königswasser, Bromwasser, Kaliumpermanganat, naszierendem Silicium oder Brom unter wechselnden Bedingungen angegriffen. Versuche mit Fluor sind in Aussicht genommen [1]).

Helium in der Erdatmosphäre. Das den Quellen von Wildbad im Schwarzwalde entströmende Gas soll nach einer älteren Analyse 96 % Stickstoff enthalten. Prof. H. Kayser hat deshalb dieses Gas auf Argon und Helium untersucht. Es zeigte bei der spektroskopischen Untersuchung in der That die charakteristischen Linien beider Elemente, und zwar von Helium nicht nur die Linie D_3, sondern auch die grüne Linie von der Wellenlänge 501.6 $\mu\mu$

[1]) Chem. Centralblatt 1895. 1. p. 467.

des dem Gase aus Bröggerit beigemengten ungenannten Gases. Das Auftreten von Helium in den Quellengasen von Wildbad beweist nun, dass auch Helium in die Erdatmosphäre gelangen kann, und in der That fand Prof. Kayser im Argon aus der Atmosphäre von Bonn die Linien D_3 und 388.9 $\mu\mu$ des Heliumspektrums[1]).

Die Durchlässigkeit der Atmosphäre für die Wärmestrahlung der Sonne ist von Schukewitsch mittels des Chwolson'schen Aktinometers untersucht worden[2]). Die Beobachtungen geschahen am Observatorium zu Pawlowsk an 79 Tagen, von Ende August 1892 bis August 1893. Sie lieferten etwa 700 in absolutem Masse ausgedrückte Werte für die Intensität der Sonnenstrahlung. Das Maximum der letzteren fand sich am 20. und 21. April 1893 mit 1.43—1.44 Kalorien (Min./*qcm*) bei 38° und 41° Sonnenhöhe. Dann nahm die Intensität bis Anfang August ab, scheint im September ein sekundäres Maximum zu erreichen und sinkt dann rasch bis zum November, um abermals zu steigen. Um vom jährlichen Gange der Durchlässigkeit der Atmosphäre für die Wärmestrahlung der Sonne eine vollkommenere und präzisere Vorstellung zu erhalten, und insbesondere den Einfluss der Witterungsfaktoren auf die Permeabilität zu studieren, verwendete Schukewitsch die bei gleichen Sonnenhöhen beobachteten Werte der Strahlungsintensität und leitete durch eine sorgfältige graphische Konstruktion, wobei die erhaltenen Werte der Radiation zugleich auch auf die mittlere Distanz Sonne-Erde zurückgeführt wurden, um den Einfluss der im Laufe des Jahres sich ändernden Entfernung der Erde von der Sonne auf die Strahlung zu eliminieren, die den Sonnenhöhen von 9°, 12°, 15°, 18°, 24°, 30°, 40° und 45° entsprechenden Beträge der Intensität ab.

An einer für die Sonnenhöhe von 24° für das ganze Jahr noch besonders durchgeführten graphischen Darstellung liess sich dann in anschaulicher Weise ein angenähertes Bild vom jährlichen Gange der Durchlässigkeit der klaren Atmosphäre erhalten. Es zeigt die auf einer Tafel der vorliegenden Arbeit wiedergegebene Kurve der Radiation bei konstanter Sonnenhöhe von 24° ein Maximum (1.27 Kal.) der Durchlässigkeit im Winter, und zwar etwa zu Ende des Winters (am 7., 8. und 9. März) bei mittleren Tagestemperaturen von —12°, —17° und —15° und der absoluten Feuchtigkeit von 1 *mm*. Von dieser Zeit an stellt sich eine Abnahme der Durchlässigkeit ein. Bis in den Mai hinein ist diese Abnahme gering, von da an jedoch nimmt sie stark ab und bleibt sich dann nahezu gleich von Juni bis Mitte August, von wann eine Zunahme derselben stattfindet. Auf das Minimum der Durchlässigkeit im Sommer (mit 1.06 Kalorie) folgt ein sekundäres Maxi-

[1]) Chem. News **72**. 89. Chem. Ztg. **19**. 1549.
[2]) Wild's Repertor. f. Meteorologie **17**. Nr. 5.

mum im September und hierauf ein sekundäres Minimum im November. Doch schon der 26. November (mittlere Temperatur = — 15 °, absolute Feuchtigkeit = 1 *mm*) zeichnet sich durch grosse Durchlässigkeit aus, welche der beobachteten Maximaldurchlässigkeit (7. bis 9. März) etwa gleichzusetzen wäre.

Um auch über den Zusammenhang der beobachteten Strahlungsintensitäten mit der absoluten Feuchtigkeit eine richtige Vorstellung zu erhalten, stellt Schukewitsch in einer Tabelle die mittleren Intensitäten bei gleicher Sonnenhöhe und gleicher absoluter Feuchtigkeit zusammen. Vergleicht man die derselben Sonnenhöhe und verschiedener absoluter Feuchtigkeit entsprechenden Intensitäten miteinander, so findet man eine Bestätigung der Abhängigkeit der von der Sonne zur Erdoberfläche gelangenden Wärmemenge von dem am Beobachtungsorte herrschenden absoluten Feuchtigkeitszustande. Zugleich ersieht man aber, dass für die verschiedene Absorption der Sonnenstrahlung in der Atmosphäre diese Feuchtigkeit allein nicht die ausreichende Erklärung giebt. Schukewitsch weist ferner noch besonders auf die bedeutende Schwächung der Durchlässigkeit hin, die sich an Tagen mit Höhenrauch auffallend bemerklich macht, und bei einer Konfrontation der Durchlässigkeit mit den synoptischen Karten glaubt Verf. folgendes aussprechen zu dürfen:

Das Herannahen einer Depression äussert sich in einer Schwächung der Durchlässigkeit der Atmosphäre, noch bevor die charakteristischen Wolken auftreten.

Auf der Vorderseite einer Depression ist die Durchlässigkeit auch der scheinbar klaren Atmosphäre verhältnismässig gering, auf der Rückseite verhältnismässig gross.[1])

Die Durchlässigkeit der Atmosphäre für die Sonnenstrahlen ist von A. Bartoli und E. Stracciati im Sommer und Herbste 1894 in der Nähe des Stilfser Jochs in 2850 *m* Seehöhe untersucht worden[2]).

Die Ergebnisse der Messungen stehen in vollkommenem Einklange mit denjenigen, die früher auf dem Ätna und im Toskanischen Apennin erhalten wurden, nämlich: 1. dass die Menge der durch die Atmosphäre hindurchgelassenen Sonnenstrahlen bei gleicher Höhe der Sonne (und caeteris paribus) hauptsächlich abhängt von der Spannung des in der Atmosphäre vorhandenen Wasserdampfes, so dass an heiteren Tagen, an denen die Spannung des Wasserdampfes dieselbe ist, die Menge der bei einer gegebenen Sonnenhöhe durchgegangenen Strahlen dieselbe bleibt; ferner nimmt die Menge der hindurchgegangenen Strahlen schnell ab bei Zunahme dieser Spannung und also bei Zunahme der Menge des in der Atmosphäre enthaltenen Wasserdampfes.

---

1) Meteorolog. Zeitschrift. Juli 1895. p. 51.
2) Reale Istituto Lombardo. Rendiconti 1895. Sér. II. 28. p. 583.

2. Bei vollkommen klarem, aber hellblau gefärbtem Himmel ist die Menge der durchgelassenen Strahlen viel kleiner als bei dunkelblauem Himmel; wenn man daher heliothermische Messungen vergleichen will, muss man auch die Färbung des Himmels mit dem Arago'schen Polarikyanometer oder mit einem anderen Präzisionsinstrumente ausmitteln.

3. Die Durchlässigkeit der Sonnenstrahlen, und somit auch die thermische Durchsichtigkeit der Atmosphäre bei gleicher Höhe der Sonne u. s. w. scheint auf dem Stilfser Joch gleich zu sein der in gleicher Höhe auf dem Ätna beobachteten.

4. Die Wärmemenge, welche auf dem Stilfser Joch von der Sonne auf die Einheit einer schwarzen Oberfläche in der Zeiteinheit an vollkommen klaren Tagen durch die Atmosphäre gestrahlt wird bei einer Spannung des Wasserdampfes unter $^1/_2$ *mm* und bei einer Sonnenhöhe von 50° bis 55°, hat mehrere Male den Wert übertroffen, welchen Pouillet für die sogenannte Sonnenkonstante A in der Formel $Q = Ap^{\varepsilon}$ bezeichnet hat, man muss daher betonen, dass der wahre Wert dieser Konstante viel grösser ist als der von Pouillet angegebene.

5. Unter den empirischen Aktinometern geben einige, wie das Violle'sche, Werte, welche von der Stärke des Windes abhängen, andere, wie das Arago'sche, werden hiervon nicht beeinflusst; aber die Angaben all' dieser Aktinometer leiden stark von den Strahlen, welche vom Boden, von den umgebenden Körpern und von der Atmosphäre (wenn sie nicht rein ist) gespiegelt und zerstreut werden, so dass über einem mit Schnee bedeckten Boden der Temperaturunterschied zwischen dem geschwärzten und hellen Thermometer sich verdoppeln kann; dasselbe gilt von den Destillationslichtmessern. Solche Apparate können daher wohl für die Landwirtschaft nützlich sein, dürfen aber nicht benutzt werden zu wissenschaftlichen Messungen der Sonnenwärme.

14. Temperatur.

Rasche Änderungen der Lufttemperatur. J. Y. Buchanan bespricht die von ihm gemachten Wahrnehmungen sehr rascher Temperaturschwankungen besonders beim Wehen des Föhn[1]. Die Schwankungen machen sich dem Gefühle deutlich bemerkbar, sind aber so rasch, dass sie nicht gemessen werden können. Beobachtungen im oberen Engadin lehrten ausserdem, dass, während der Föhn über den Gletscher wehte und die Oberfläche reichlich zum Schmelzen brachte, die Temperatur der Luft, so nahe dem Eise, wie nur das Thermometer herangebracht werden konnte, ohne das Eis zu berühren, niemals unter 5.5° C. sank.

[1]) Proceed. of the Royal Society 56. Nr. 336.

Anfangs Juli war in Port William (in Grossbritannien) das Wetter sehr warm, und in der warmen Luft fühlte man von Zeit zu Zeit wärmere Luftstösse, wie wenn auf dem Verdecke eines Dampfschiffes die am Schornsteine vorbeistreichende Luft das Gesicht trifft. Diese warmen Windstösse dauerten nur ein oder zwei Sekunden und wiederholten sich nach ein bis zwei Minuten; auf das im Schatten exponierte Thermometer hatten sie die Wirkung, das Quecksilber in steter Bewegung zu erhalten; es stieg oft mehr als 1°, um dann wieder ebenso viel zu sinken. An den registrierenden Instrumenten war das Uhrwerk zu langsam, um diese warmen Windstösse durch Zacken an der Kurve zu markieren; nur ein breiter Streifen bezeichnete die Amplitude der Exkursionen des Instrumentes, aber keineswegs die Amplitude der Lufttemperaturschwankungen. Besonders stark ausgesprochen war die Erscheinung am 8. Juli von 10^h a. bis 2^h p.; alle Bemühungen, die Temperatur der warmen Luftstösse zu messen, waren erfolglos. Man konnte nur die sehr hohe Temperatur (24.9° C.) um Mittag und die gleichzeitige Abnahme der Feuchtigkeit der Luft konstatieren.

Während eines mehrwöchentlichen Aufenthaltes zu Pontresina im August machte Verf. einen Ausflug nach dem Morteratschgletscher und bemerkte diese warmen Luftstösse, die ihm in Port William aufgefallen waren, auf dem Eise noch viel stärker als auf dem Lande; der Führer meinte, dieselben wären für den Föhn charakteristisch. Da die Eisoberfläche starkes Abschmelzen erkennen liess, machte Verf. mit einem Schleuderthermometer einige Messungen und fand 1 *m* über dem Eise eine Temperatur von 12°, während möglichst nahe dem Eise 10° und in einem Spalte unterhalb des Niveaus des Eises 7.5° C. abgelesen wurde. Obwohl im Schatten gemessen, waren diese Temperaturen nicht frei von Strahlungseinflüssen. Die Feuchtigkeit der Luft war gering.

Ähnliche Beobachtungen wurden auch an anderen Tagen angestellt mit gleichen Ergebnissen, stets waren auf dem Eise die Windstösse des Föhn viel merklicher als auf dem Lande. Leider lassen sich diese raschen Änderungen mit dem gewöhnlichen Thermometer nicht messen, dazu bedarf es nach des Verf. Meinung elektrischer oder thermoelektrischer Methoden.

Die Zahl der Tage mit Temperaturen von 25° C. und darüber im September 1895 hat M. Lancaster kartographisch dargestellt (Tafel V)[1]. Die Linien in der Karte verbinden alle Orte, welche eine gleiche Zahl von Tagen mit dieser Maximaltemperatur aufzuweisen haben. Die überhaupt erreichten Maxima der Wärme während des September 1895 sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

[1]) Ciel et Terre 1895. 2. Nr. 16. p 373.

	Maxim. der Temper.
England.	
London	31°
Niederlande.	
Utrecht	26
Vlissingen	27
Belgien.	
Ostende	30
Uccle	30
Maeseyck	32
Arlon	32
Deutschland.	
Hamburg	27
Berlin	33
Magdeburg	35
Münster	29
Cassel	32
Chemnitz	32
Breslau	30
Kaiserslautern	32
Bamberg	33
München	29°
Karlsruhe	31
Wiesbaden	31
Mülhausen	33
Frankreich.	
Charleville	35
Paris	36
Cherbourg	26
Brest	31
Ile d'Aix	35
Bordeaux	35
Le Mans	37
Limoges	36
Toulouse	36
Nancy	33
Besançon	34
Lyon	35
Nizza	32
Marseille	33
Perpignan	34
Biarritz	35

Die Lufttemperatur in der Höhe ist gelegentlich der vom Deutschen Vereine zur Beförderung der Luftschiffahrt in Berlin ausgeführten wissenschaftlichen Ballonfahrten, mittels der verbesserten Instrumente, sehr häufig und genau beobachtet worden. Dr. R. Assmann bemerkt über die Ergebnisse dieser Untersuchungen [1]: »Gegenüber den auf Grund früherer Ballonfahrten oder aus theoretischen Voraussetzungen angenommenen Werten erwies sich die Lufttemperatur in den höheren Schichten oberhalb von 4000 *m* Höhe ganz erheblich niedriger, ein Resultat, welches ausschliesslich den verbesserten Beobachtungsapparaten zu danken ist. Temperaturen von —36.5° in 7700 *m*, von —47.9° in 9150 *m* Höhe sind im Luftballon überhaupt noch nicht beobachtet worden. Ebenso wenig hatte man bisher Kunde von einer in 16300 *m* Höhe herrschenden Temperatur von —53°, sowie von einer solchen in 18500 *m* Höhe von —67°; trotzdem erscheinen die beiden letzteren Werte noch als zu hohe, wie voraussichtlich die nächsten Auffahrten der Registrierballons beweisen werden.

Im Zusammenhange mit der niedrigeren Temperatur der höheren Atmosphärenschichten fand sich eine grössere Abnahme der Lufttemperatur mit steigender Erhebung, als man bisher annehmen konnte. Besonders wichtig erscheint die Thatsache, dass die ältere Anschauung hinfällig geworden ist, nach welcher diese Abnahme am schnellsten in den unteren Luftschichten, dagegen immer langsamer nach oben hin stattfindet. Vielmehr hat sich, je nach der Jahres-

[1]) Zeitschrift für Luftschiffahrt 1895. Heft 4.

zeit, eine gleichmässige oder auch eine allgemein gesteigerte Temperaturabnahme mit der Höhe ergeben.

Die vorstehend genannte wichtige Erscheinung scheint mit einer relativ starken Erwärmung der Luftschichten zwischen 2000 bis 4000 *m* Höhe zusammenzuhängen. Es dürfte sich herausstellen, dass diese Erwärmung ursächlich verknüpft ist mit der vornehmlich in diesen Schichten auftretenden Kondensation des Wasserdampfes zu Wolken und Niederschlägen.

Ferner hat sich ergeben, dass die jahreszeitliche Änderung der Lufttemperatur zwar infolge von Witterungsstörungen bis in beträchtliche Höhen hinaufreicht, dann aber ziemlich rasch verschwindet, um in der Höhe von etwa 7000 *m* einer nahezu konstanten Temperatur Platz zu machen.

Auch in der freien Atmosphäre scheint bis zu 1000 *m* und mehr Höhe eine Temperaturumkehr während des Winters und in der Nacht eine regelmässige Erscheinung zu sein. Völlig neu ist die Beobachtung, dass sich eine beträchtliche Temperaturumkehr nicht selten in sehr hochliegenden Schichten von vielen hundert Metern Mächtigkeit einstellte, auch ohne dass eine Schichtung des Luftmeeres durch Wolkenbildung sichtbar wurde. In diesem Falle konnte meist eine Übereinanderlagerung verschieden gerichteter und temperierter Luftströme nachgewiesen werden.«

Die vertikale Temperaturverteilung in der Atmosphäre wurde auf der Fahrt des Ballons »Humboldt« am 14. März 1893 bis zur Höhe von über 6000 *m* bestimmt. Nach dem Berichte von Berson[1]) wurde bis zur grössten Höhe eine bis oben wachsende Temperaturabnahme vorgefunden.

»Es war dieses eine neue, von den Glaisher'schen Feststellungen abweichende Thatsache, und da wir es mit bedeutenden Höhen, bis über 6000 *m* zu thun hatten, wo die Verhältnisse viel stabilerer Natur sind als in den unteren Schichten, so drängte sich also gleich die Annahme auf, dass diese Verteilung kein Ausnahmezustand sein wird — eine Annahme, die durch die folgenden Fahrten durchweg bestätigt worden ist.

Wenn man zunächst ohne alle Abrundung und Zusammenfassung in Gruppen die mittlere Abnahme per 100 *m* betrachtet, so zeigt sich

zwischen Erdoberfläche und 1300 *m* ein Wert, der zwischen 0.3° und 0.4° pro 100 *m* schwankt (Maximum 0.41 bei 900, Minimum 0.27 bei 300);

zwischen Erdoberfläche und 4400 *m* schwankt die mittlere Gesamtabnahme um 0.5° herum (Maximum 0.51, Minimum 0.45, meist 0.48);

zwischen Erdoberfläche und 6100 *m* steigt dieselbe ununterbrochen von 0.52 bis auf 0.59.

---

[1]) Zeitschrift für Luftschiffahrt 1895. p. 196.

Dieser letztere Wert von 0.59 oder rund 0.6 per 100 stellt also die mittlere Abnahme dar in der gesamten durchschnittenen, über 6000 *m* mächtigen Luftschicht. Dies wäre ziemlich genau, ja schon etwas reichlich der mittlere Wert, welchen man bisher allgemein, jedoch nur für die unteren paar Tausend Meter annahm, während man geneigt war, nach oben zu eine rasche Verringerung in dieser Abnahme auf Grund der älteren Ballonfahrten für eine Thatsache zu halten. In dieser Form betrachtet, ist sehr lehrreich, welche mittlere Abnahme man gefunden hätte, falls der Ballon nur bis zu geringeren Höhen vorgedrungen wäre. Dieselbe hätte sich ergeben bei:

einer erreichten Maximalhöhe von	1000 *m*	auf 0.36°	per 100 *m*
» » » »	2000 »	» 0.46	» » »
» » » »	3000 »	» 0.48	» » »
» » » »	4000 »	» 0.50	» » »
» » » »	5000 »	» 0.53	» » »
und ergiebt sich bei der wirklich erreichten » »	6100 »	» 0.59	» » »

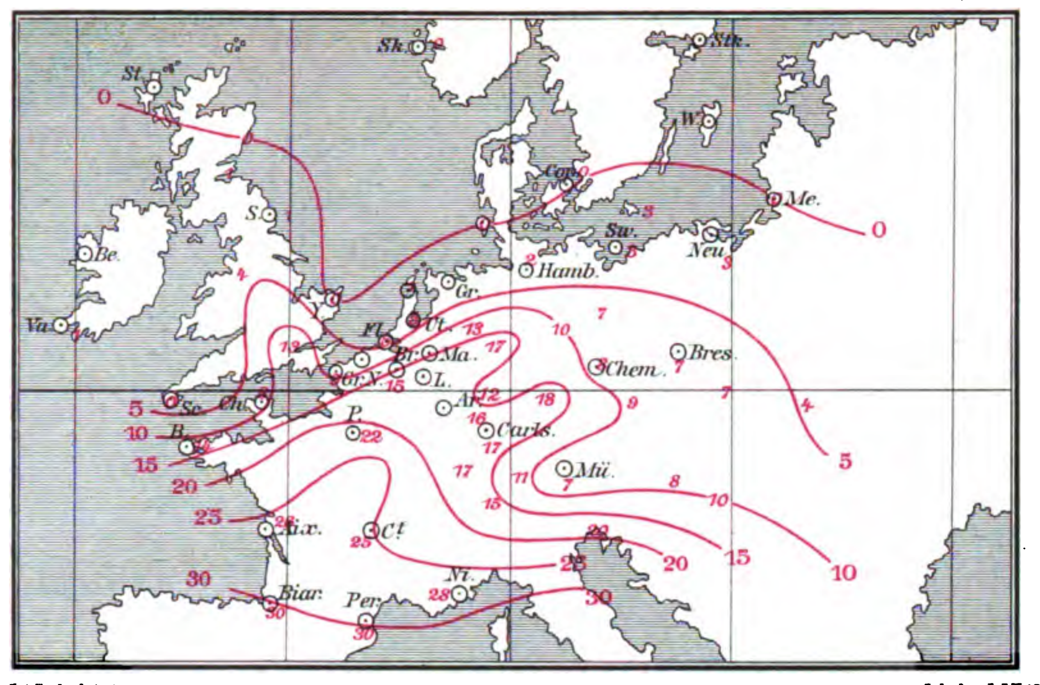
Vergleicht man dieses Ergebnis mit demjenigen vom 1. März 1893, so zeigen sich dort bis 3000 *m* (bei etwas häufigerem Hin- und Herschwanken, während am 14. März das Wachstum der Zahlen nur ein paar Male unterbrochen wird) ähnliche Verhältnisse, wogegen allerdings damals zwischen 3000 und 4300 *m* eine schwache Verringerung eintrat. Aber bei Betrachtung der oben angeführten Zahlen für die sechs Stufen vom 14. März wird man sich bald fragen, ob nicht vielleicht bei weiterem Höhergehen auch am 1. März wieder eine Steigerung in der Abnahme gefunden worden wäre.

Wichtiger, weil mehr in direkter Weise den thatsächlichen Zustand widerspiegelnd, ist die Feststellung der Temperaturänderung innerhalb der einzelnen übereinander lagernden Schichten.

Zunächst seien hier ohne weitere Abrundung, resp. Zusammenfassung die Werte der Temperaturabnahme gegeben, wie sich dieselben per 100 *m* innerhalb aufeinanderfolgender Schichten von grösserer vertikaler Ausdehnung, als sie zwischen zwei Einzelablesungen liegt, findet. Dieselben sind aus der Differenz der einzelnen Ablesungen an der oberen und unteren Grenzfläche der Schichten ermittelt.

Schicht	△ *t* per 100 *m*	Schicht	△ *t* per 100 *m*
35 — 605 *m*	— 0.30	2910 — 3510 *m*	— 0.48
605 — 1270	— 0.35	3510 — 4315	— 0.65
1270 — 1875	— 0.73	4315 — 4740	— 0.92
1875 — 2440	— 0.43	4740 — 5480	— 0.65
2440 — 2910	— 0.68	5480 — 6001	— 1.03

Aus dem immerhin noch unregelmässigen Gange dieser Zahlen tritt deutlich die Thatsache hervor, dass die Temperaturabnahme am langsamsten war unter den Wolken und in deren unterer Hälfte,



Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.

Jahrbuch VI. 1895. Tafel 5.

Vertheilung der Tage mit Temperaturen von 25°C und darüber im September 1895 nach Lancaster.

Ed. H. Mayer's Verlag, Leipzig.

hierauf schnell in dem oberen Teile der eigentlichen dichten Wolkenmasse und langsamer in der obersten, sich auflösenden und schon sehr starke Sonnenstrahlung aufweisenden, nebelartigen Wolkenschicht (in 2135 *m* beträgt die Differenz zwischen Schwarzkugelthermometer und Lufttemperatur bereits 19.1°) — was also durchaus im Einklange steht mit den v. Bezold'schen Vermutungen über die Temperaturverhältnisse in und über der oberen Wolkenschicht, falls man diese Begriffe nicht zu wörtlich und schablonenhaft auffasst. Schon in 1875 *m* findet sich die Notiz: »Wolken werden dünner«, gleich darauf »nebelartig« und in 2300 *m* »Sonnenscheibe schimmert durch«, so dass also hier die Schicht des oberen, in Auflösung begriffenen Nebels als übererwärmt gelten kann. Eine eigentliche Temperaturumkehr findet sich bei dieser Fahrt allerdings — abgesehen von einem Falle im unteren Teile der Wolkenmasse — nur schwach angedeutet in der Schicht zwischen 2500 und 2700 *m* — also doch dicht über der Gesamtwolkenmasse — sie beträgt 0.2°, und der Gradient der Zunahme nur 0.13 pro 100 *m*. Die meisten später ausgeführten Fahrten durch und über geschlossene Wolkenschichten haben einen viel grelleren, unvermittelten Gegensatz zwischen schneller Abnahme in dem obersten Wolkenteile und starker, oft viele Grade betragender Inversion unmittelbar darüber ergeben.

In der fast wolkenfreien Atmosphäre über der geschlossenen Schicht zeigt sich dann eine erhebliche Steigerung der Temperaturabnahme auf über 0.6 in der mittleren Schicht und eine nochmalige auf ca. 0.9 in der hohen Schicht zwischen 4300 und 6000 *m*. In jeder derselben findet sich jedoch ein mittlerer Teil mit beträchtlichem Zurückgehen des vertikalen Temperaturgradienten, um 0.2° bis 0.3° per 100 *m*. Diese Störungen — welche übrigens bei Ausgleichung der Beobachtungen durch Zusammenfassung je mehrerer nahe bei einander liegender in eine fast verschwinden — hängen offenbar zusammen mit dem Auftreten der altostrati, bezw. unteren cirrostrati um den Ballon, der »Eisnadeln«. Bei näherem Zusehen findet man, dass auch hier die Verringerung der Abnahme (auf 0.48, resp. 0.65) eintritt bei der Annäherung an, und im unteren Teile der, wenn auch nur dünnen, Wolkenschichten und eine starke Beschleunigung derselben im oberen Teile der Wolken sowie in der freien Atmosphäre oberhalb der Wolkenschleier, wenn man von der unmittelbar über den Nebelmassen lagernden Luft absieht. Es zeigt sich also auch hier Übereinstimmung mit dem theoretisch Erwarteten.

Betrachtet man die Temperaturabnahme, wie sie sich darstellt, wenn man die ganzen durchschnittenen Schichten nach natürlichen Grenzen in vier Teile zerlegt, so ergiebt sich folgendes interessante Bild:

Mittlere Temperaturabnahme pro 100 *m*.

I. Erdoberfläche bis obere Wolkengrenze (2440 *m*) . .	0.48°
a) untere Hälfte der Wolken (bis ca. 1250 *m*) . .	0.33
b) obere » » » . .	0.59

II. Über den geschlossenen Wolken 0.72
a) Wolkengrenze bis 4300 *m* 0.60
(untere Hälfte, zugleich Grenze des mittleren, Eisnadelfalles)
b) zwischen 4300 und 6000 *m* . . . . 0.84°

Der Gegensatz zwischen langsamer Abnahme in der unteren und beinahe doppelt so schneller in der oberen Hälfte der Wolken, die grosse Steigerung des vertikalen thermischen Gradienten in den höheren Schichten, wobei wieder deren unterer Teil in dieser Beziehung wegen der Erwärmung durch Reflexion seitens der unterliegenden Wolkenoberfläche und wegen der Bildung ziemlich mächtiger kleiner Wolken innerhalb desselben zurückbleibt, das Auftreten der schnellsten Abnahme in den grössten Höhen, sowie schliesslich das konstante Wachstum derselben treten hier sehr schön heraus.«

Die mittlere Abnahme der Lufttemperatur in den durchschnittenen bis über 6000 *m* reichenden Schichten betrug also ein wenig über 0.6° per 100 *m*; sie fand sich in dieser Grösse in den mittelhohen Schichten zwischen 2300 und 4300 *m*, war in den Wolken darunter geringer und in den grössten Höhen noch sehr erheblich grösser.

15. Luftdruck.

Der tägliche Gang des Barometers an heiteren und trüben Tagen, besonders auf Berggipfeln, ist von Prof. Hann im Anschlusse an frühere Untersuchungen studiert worden[1].

Aus den Berechnungen von Lamont für München und Nakamura für Hamburg war bekannt, dass der tägliche Gang des Barometers an heiteren und trüben Tagen sich nur durch die Amplitude und Phasenzeit der ganztägigen Druckwelle unterscheide, dass hingegen die halbtägige Welle an heiteren wie an trüben Tagen nahezu unverändert bleibt. Für Bergstationen lag bisher eine ähnliche Untersuchung nicht vor. Bei Gelegenheit einer anderen Arbeit stiess der Verf. auf die Erscheinung, dass die ganztägige Druckwelle auf dem Sonnblickgipfel während der Zeit ganz heiteren und heissen Sommerwetters (1894) sich kaum von dem Mittelwerte entfernte. Dieses nicht erwartete Ergebnis gab die Veranlassung, den Gegenstand einer näheren Untersuchung zu unterziehen.

Prof. Hann berechnet zu diesem Zwecke den täglichen Gang des Barometers an heiteren und trüben Tagen im Sommer für folgende Stationen: Zürich und Säntisgipfel (1893 und 1894), Klagenfurt, Obir (1894, auch Winter 1894/1895), München, Peissenberg, Wendelstein (1892). Es wurden stets die gleichen heiteren und trüben Tage für die Gipfelstation und die Station in der Niederung in Rechnung gezogen. Die kürzlich von Buchan

[1]) Wiener Akad. Anzeiger 1895. p. 152.

mitgeteilten Tabellen des täglichen Barometerganges auf dem Ben Nevis, zu Fort William und Triest an heiteren und trüben Tagen wurden gleichfalls der harmonischen Analyse unterworfen. Ebenso wurden aus den von E. Leyst für Pawlowsk berechneten Stundenmitteln des Luftdruckes an je drei Tagen des höchsten und tiefsten Barometerstandes in jedem Monate die ganztägige und halbtägige Druckwelle abgeleitet.

Das allgemeinste Ergebnis dieser Untersuchung lässt sich kurz so zusammenfassen.

Auf den Berggipfeln wie in der Niederung ist die doppelte tägliche Oszillation des Barometers an heiteren und trüben Tagen die gleiche. Dieselbe bleibt auch in Pawlowsk während anticyklonaler wie cyklonaler Witterung dieselbe.

Der so ganz differente Barometergang an heiteren und trüben Tagen, der namentlich auf Berggipfeln mittlerer Höhe ganz unerwartete Formen annimmt, rührt nur von den Modifikationen her, welchen die ganztägige Druckwelle bei heiterem und trübem Wetter unterliegt, und auf welche sich dann noch auf den Berghöhen eine thermische Druckvariation mit nach der Höhe verschiedenen Amplituden superponiert. Dadurch entstehen die mannigfaltigsten Formen in der direkt zur Beobachtung gelangenden täglichen Barometerschwankung, die aber durch die harmonische Analyse jederzeit leicht auf die zu grunde liegenden Ursachen zurückgeführt werden können. An der Erdoberfläche hat die ganztägige Welle bei heiterem Wetter eine viel grössere Amplitude als bei trübem Wetter und eine ganz verschiedene Phasenzeit. Die Form der ganztägigen Welle ist im Mittel der hier in Betracht gezogenen Stationen in recht übereinstimmender Weise (von den Amplituden abgesehen) gegeben durch:

heiter . . . . $0.48 \sin (353^{\circ} + x)$
trüb . . . . $0.26 \sin (101^{\circ} + x)$

Bei heiterem Wetter tritt das Maximum der ganztägigen Welle um $6\frac{1}{2}^{h}$ morgens ein, bei trübem Wetter dagegen um 11^{h} nachts.

Fast genau dasselbe Resultat ergeben dem Verf. die von Leyst für Pawlowsk berechneten Stundenmittel des Luftdruckes anticyklonaler und cyklonaler Tage (im Sommer).

Anticyklonen . . $0.37 \sin (323 + x) + 0.07 \sin (116 + 2x)$
Cyklonen . . . . $0.20 \sin (134 + x) + 0.09 \sin (111 + 2x)$

Man findet ganz im allgemeinen an den Küsten wie im Inlande bei heiterem, anticyklonalem Wetter eine ganztägige Druckschwankung mit grosser Amplitude und dem Eintritte des Maximums am Morgen 6 bis 8^{h}, dagegen bei trüber, cyklonaler Witterung mit kleiner Amplitude und dem Eintritte des Maximums am späten Abende. Auf Berggipfeln superponiert sich dann auf diese ohnehin schon mit der konstant bleibenden, halbtägigen Druckwelle interferierende, ganztägige Welle auch noch eine thermische Druckwelle, deren Amplitude mit der Höhe zunimmt.

Bildet man den Unterschied des täglichen Barometerganges an heiteren und trüben Tagen, so erweist sich derselbe an den Küsten wie an den Inlandsstationen als gleich und stimmt auch völlig mit jenem zwischen anticyklonaler und cyklonaler Witterung. Bei näherer Betrachtung findet man, dass dieser Unterschied übereinstimmt mit dem Unterschiede im täglichen Barometergange im Inneren des Landes und an der Küste, jenem Unterschiede, der dem Wechsel der Land- und Seewinde entspricht. So finden wir für den Unterschied im täglichen Barometergange:

heiter — trüb = 0.50 sin (330 + x)
Kalkutta — Sandheads[1]) = 0.70 sin (343 + x)

Darauf gründet Prof. Hann den Schluss:

Der Unterschied im täglichen Gange des Barometers an ganz heiteren und ganz trüben Tagen entspricht vollkommen dem Unterschiede zwischen dem täglichen Gange desselben über dem Lande und der angrenzenden See. Es scheint also, dass die Gebiete barometrischer Maxima mit klarem Himmel und grosser täglicher Wärmeschwankung in bezug auf die tägliche Druckschwankung gerade so auf die angrenzenden Gebiete barometrischer Minima mit bedecktem Himmel und kleiner täglicher Wärmeschwankung reagieren, wie die Landflächen auf die benachbarten Wasserflächen. Es wird deshalb zwischen denselben eine gewisse Verminderung der Druckgradienten bei Tag und eine Vergrösserung derselben bei Nacht eintreten. Auf den Berggipfeln von etwa 2500 *m* sind die Unterschiede im täglichen Barometergange bei heiterem und trübem Wetter nahezu schon die umgekehrten von jenen in der Niederung.

Eine spezielle Untersuchung des täglichen Barometerganges in Gebirgsthälern ergab, dass in Bayerisch Zell (276 *m* über München) an den gleichen heiteren Tagen der Unterschied der täglichen Luftdruckoszillation gegen jene in gleicher Höhe über der bayerischen Hochebene (die Druckschwankung in München auf die Höhe von Bayerisch Zell reduziert und die thermische Druckschwankung der Luftschicht von 276 *m* hinzugefügt) sich nur um eine ganztägige Druckwelle von einer Amplitude von $^1/_4$ *mm* mit dem Maximum um $1^1/_2{}^h$ nachts und dem Minimum um $1^1/_2{}^h$ mittags unterscheidet, was einer durch die Berg- und Thalwinde verursachten, periodischen Umlagerung einer Luftschicht von mindestens 3 *m* Mächtigkeit über dem ganzen Thale entsprechen würde.

Schliesslich berechnet Hann aus dem korrespondierenden täglichen Gange des Luftdruckes in der Niederung und auf den Berggipfeln den täglichen Wärmegang bei heiterem und bei trübem Wetter in der freien Luftschicht zwischen denselben. Es ergiebt sich, dass die Phasenzeiten desselben bei heiterem, wie bei trübem Wetter in allen Höhen ziemlich gleich herauskommen, das Minimum

---

[1]) Mündung des Ganges, Bai von Bengalen. Der Unterschied Kew-Valentia ist im Sommer fast der gleiche.

fällt im Mittel auf $5^1/_2{}^h$ morgens, das Maximum auf $5^1/_2{}^h$ abends. Die Amplituden sind viel kleiner als die an den meteorologischen Stationen direkt beobachteten, z. B. Zürich-Säntis: beobachtete Amplitude 2.2° (Mittel: Juni—September), berechnete kaum 0.8° (bei heiterem Wetter 1.4°, bei trübem bloss 0.4°). Die Amplituden nehmen natürlich mit der Höhe ab. Man erhält für heitere und trübe Tage: München-Peissenberg (Höhendifferenz 470 *m*) 2° heiter, 1° trüb; Peissenberg-Wendelstein (Höhendifferenz 730 *m*) 1.4° heiter, 0.5° trüb; Wendelstein-Säntis (Höhendifferenz 800 *m*) ungefähr 1.1° heiter und 0.4° trüb. Klagenfurt-Obir (Höhendifferenz 1600 *m*) giebt heiter 2.3° und trüb 1.1°. Die Luft erwärmt sich viel stärker in dem windstillen, eingeschlossenen Bergkessel von Kärnthen, als auf der freien, luftigen bayerischen Hochebene. Auch Bayerisch-Zell-Wendelstein (Höhendifferenz 930 *m*) giebt für heiteres Wetter 1.8°; München-Wendelstein dagegen nur 1.6°. Die Luft der Gebirgsthäler unterliegt grösseren täglichen Temperaturvariationen als jene über der Niederung.

Die barometrischen Depressionen Indiens während des Wintermonsuns bilden den Gegenstand einer wichtigen Arbeit von Eliot[1]). W. Köppen giebt davon folgende Analyse[2]):

»Die Windbeobachtungen der Bergstationen im nördlichen Indien zeigen, dass der winterliche Monsun nur bis ca. 1000 *m* Seehöhe hinaufreicht, und dass oberhalb 1200 oder 1500 *m* Seehöhe die vorherrschende Strömung aus W oder SW kommt. Die Cirrusbeobachtungen zeigen über ganz Nordindien ebenfalls eine vorherrschende Bewegung aus W oder WSW. Solche Beobachtungen sind in Kalkutta und Allahabad während 13 Jahren mit Nephoskopen angestellt worden, ferner in Kailang im Pandjab-Himalaya (sechs Jahre) und zu Lahore (ein Jahr) mit freiem Auge.

Bewölkung und Regen während der Wintermonate in Nordindien werden auf p. 545—554 eingehend betrachtet; beide nehmen nach N zu, in teilweisem Gegensatze zum Sommer. Eine kurze Skizze über die klimatischen Verhältnisse in Iran und Turan schliesst sich daran, welche interessante Tabellen der Mittelwerte für Bushir, Teheran, Samarkand, Tashkend, Margelan, Quetta und vier indische Orte bringt.

Das erste Anzeichen einer atmosphärischen Störung dieser Klasse ist die Abnahme des Luftdruckes in Beludschistan, Sind, Radjputana oder dem westlichen Pandjab, welche vom Erscheinen oder der Bildung einer flachen Depression in diesen Gegenden oder in Gudjerat gefolgt ist. Diese Depression wandert gewöhnlich nach einer Richtung, die etwas südlich von Ost liegt, und füllt sich entweder im östlichen Indien aus oder tritt nach Birma über. In der Regel wird sie von einer kräftigen Schwankung der Temperatur und

[1]) Indian Meteorolog. Memoirs 4. Part. VIII. Nr. 12.
[2]) Meteorolog. Zeitschrift. Februar 1895. Litteraturbericht p. 12.

Luftfeuchtigkeit begleitet, die jenen beim Vorübergange der europäischen Depressionen analog sind; bei den Stürmen im SW-Monsun sind dagegen diese Wechsel schwach und nur dem Regenfalle zuzuschreiben. Sowohl diese Änderungen, als der Regen, sind übrigens auch bei den Depressionen des Winters fast nur auf Indien nördlich von der Satpurakette beschränkt und fehlen im Dekan.

In der Mehrzahl der Fälle wird das Erscheinen dieser flachen Depression gefolgt von der Ausbildung kleinerer, aber tieferer Depressionen im nördlichen oder zentralen Pandjab. Diese letzteren sind gewöhnlich stationär und verschwinden noch schneller, als sie entstanden, sobald die südlichere Depression nach Bengalen übertritt. Diese tiefen Depressionen im Norden bezeichnen die vorliegende Arbeit als »sekundäre«, die schneller wandernde südliche als »primäre«. In Europa würden wir viel mehr geneigt sein, die letztere als eine Randbildung der ersteren, als »Teilminimum« anzusehen und zu vermuten, dass die erstere aus dem unbekannten Westen herangezogen sei. Doch wäre es leichtfertig, das Ergebnis einer umfassenden Untersuchung, wie diese, durch eine blosse Vermutung ersetzen zu wollen. Jedenfalls aber stimmen die Verhältnisse darin mit den europäischen überein, dass erstens die Temperatur der Luft in der nördlichen Depression erheblich niedriger ist als in der südlichen, und daher in der ersteren der Druck rascher nach oben abnehmen muss als in der letzteren; in mässiger Höhe schon muss daher die südliche Depression nicht mehr als selbständiges Gebilde, sondern nur als Ausbuchtung der Isobaren jener nördlichen sich darstellen; und zweitens darin, dass die schnelle Fortpflanzung des südlichen Minimums nach Osten und das Liegenbleiben des nördlichen dem Zusammenwirken der gegenseitigen Lage beider und der Temperaturabnahme nach Norden zuzuschreiben ist. Infolge der letzteren ist der Luftdruck schon in 2—3000 *m* Höhe über Zentralasien niedriger als über Indien.

Die Vergleichung synoptischer Karten lässt die Depressionen der kalten Zeit in Indien nicht als Fortsetzung europäischer Minima erkennen; ihr Ursprung muss teils in NW-Indien selbst, teils auf den Plateaus von Persien und Beludschistan gesucht werden.

In der ausgedehnten, aber flachen »primären« Depression ist der Barometerstand gewöhnlich weniger als 5 *mm* unter dem Normalwerte. Die Tiefe der »sekundären« ist sehr verschieden. Ihre Verbindung kann daher sehr mannigfaltige Formen annehmen. Am häufigsten sind beide flach, und zieht sich ein breites Band nahezu gleich niedrigen Druckes durch Radjputana und die Zentralprovinzen, mit stärkeren Gradienten im Norden und Süden. Die Abweichung vom Normalwerte ist auf den Hochstationen nicht geringer — im Verhältnisse zum Barometerstande also grösser — als im Tieflande, die cyklonische Windzirkulation auf ersteren ausgesprochener als im Tieflande, wo sie schwach und unregelmässig ist. Die grössere Windstärke auf den Höhen ist um so charakteristischer, als bei dem

gewöhnlich anticyklonischen Wetter der Trockenzeit in Nordindien die Winde auf den oberen Stationen noch schwächer als im Tieflande zu sein pflegen. Die Abhandlung erklärt daher diese Depressionen für Phänomene, welche weniger den unteren als den mittleren oder den oberen Schichten der Atmosphäre angehören und ihre grösste Entwickelung vermutlich zwischen 3000 und 8000 *m* finden. Dies muss natürlich mit der Temperatur zusammenhängen. Diese Depressionen führen zwar auf der Vorderseite eine kräftige Wärmewelle mit sich, welche namentlich die Nachttemperatur (wohl durch einen feinen Wolkenschleier) erhöht; aber bedeutender ist die Kältewelle, welche ihnen folgt und namentlich auf den Bergen schon während des grösseren Teiles ihrer Herrschaft besteht. Zugleich nimmt nicht nur die absolute, sondern auch die relative Feuchtigkeit so rasch ab, dass man es sich nur durch das Eindringen eines durch Herabsteigen aus der Höhe getrockneten Luftstromes erklären kann.

Die Wolkendecke ist hauptsächlich im nördlichen und östlichen Quadranten vorhanden und erstreckt sich auf der Vorderseite vier- bis achtmal soweit vom Depressionszentrum, wie auf der Rückseite. Die Zunahme ihrer Fläche geschieht vorn allmählich (wie in Europa), ihre Abnahme hinter dem Zentrum fast plötzlich. Besonders stark ist die Wolkenbildung im Himalaya.

Auch der Regenfall ist im wesentlichen auf den Nord- und Ostquadranten beschränkt; tritt im Pandjab eine sekundäre Depression auf, so pflegt er dort weitaus am grössten zu sein. Gelangt eine primäre Depression bis ans Bramaputrathal, so nimmt der Regen in ihr zu. Von besonderer Bedeutung ist aber der ausgedehnte Schneefall im Himalaya und den Gebirgen Afghanistans, der diese Depressionen gewöhnlich begleitet. In Jahren, welche viele solche Cyklonen bringen, fallen im westlichen Himalaya häufig 12 bis 15 *m* Schnee. Diese Schneefälle bedecken zeitweilig alle Gegenden oberhalb 1200 oder 1500 *m* mit Schnee, und diese grosse Ausdehnung der Schneefläche im N und NW dürfte beim Zustandekommen der kalten trockenen Winde eine grosse Rolle spielen.

Die Ausbildung der Depressionen der kalten Jahreszeit schwankt von Jahr zu Jahr in weiten Grenzen. In manchen Jahren treten fast nur flache, nahezu regenlose »primäre« Depressionen auf, in anderen zahlreiche gut entwickelte »sekundäre« Wirbel, welche viel Regen in der Ebene und Schnee im Gebirge bringen. »Primäre« Depressionen, die nördlich von Jakobabad auftreten, sind häufiger im Anfange der kalten Jahreszeit; sie bringen wenig Regen, sind selten von »sekundären« begleitet und verschwinden in weniger als 48 Stunden am Himalaya. Solche, die zwischen Jakobabad und Karatshi auftreten, sind dagegen in mindestens der Hälfte der Fälle von »sekundären« Wirbeln begleitet, ziehen zuerst nach OzS, weiter-

hin nach OSO, erreichen meistens Barma und gehören überwiegend den Monaten Januar bis März an.

Die mittlere Fortpflanzung beträgt bei beiden Kategorien 350 miles per Tag.«

Der jahreszeitliche Luftaustausch zwischen beiden Erdhemisphären. Frühere Untersuchungen von Kleiber und von Tillo über den jahreszeitlichen Luftaustausch zwischen beiden Hemisphären führten zu dem Ergebnisse, dass auf jeder Hemisphäre der auf das Meeresniveau reduzierte Luftdruck im Winter der betreffenden Halbkugel grösser sei als im Sommer. Die Resultate ihrer Untersuchungen waren die folgenden:

Kleiber	Januar	Juli
90°—0° N	761.80	758 82
0°—90° S	756.60	759.58
90° N—90° S	759.20	759.20

v. Tillo	Januar	Juli
90°—50° N	761.1	758.0
50°—30° N	763.8	759.2
30°—0° N	761.0	758.5
0—30° S	758.4	762.1
30—50° S	760.0	760.5
90° N—50° S	760.5	759.9

Die Unterschiede in den Resultaten sind wohl hauptsächlich darauf zurückzuführen, dass Kleiber seine Werte aus den Karten von Mohn, v. Tillo dagegen aus den neueren Karten von Hann entnommen hatte, und Kleiber ausserdem den Luftdruck von 50° bis 90° S durch Extrapolation ermittelte. Das übereinstimmende Ergebnis beider Forscher aber bleibt, dass auf jeder Halbkugel im Winter ein höherer Luftdruck herrsche als im Sommer. Gegen die Folgerung, dass demnach ein Luftaustausch zwischen beiden Hemisphären stattfinden müsse, haben Angot und Hann geltend gemacht, dass für einen solchen nicht der auf das Meeresniveau reduzierte Luftdruck, sondern die Luftmasse, also der wirklich vorhandene Luftdruck, massgebend sei.

Später hat F. Heiderich eine neue Berechnung des wahren Luftdruckes auf der Erde ausgeführt[1]) und gelangte zu dem Ergebnisse, dass auf der Nordhemisphäre im Januar und Juli fast derselbe Luftdruck herrsche. Diese Rechnung hat nunmehr Otto Baschin revidiert und irrig befunden[2]). Er giebt eine neue Berechnung nach der von Heiderich selbst angewandten Methode, nämlich durch Ausmessen der zwischen zwei Isobaren gelegenen Stücke des Parallelkreises, Multiplikation der einzelnen Längenstrecken mit dem Mittel aus den beiden begrenzenden Isobaren und Division des so erhaltenen Wertes durch die Längenerstreckung des betreffenden Parallelkreises. Die Resultate dieser Ausmessungen sind in der folgenden Tabelle mit den bisher vorliegenden zusammengestellt.

---

[1]) Klein, Jahrbuch 2. p. 329.
[2]) Zeitschrift d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 30. p. 368 u. ff.

Mittlerer Barometerstand der Parallelkreise.
(Auf das Meeresniveau reduziert.)

nach:	Januar: Ferrel[1])	Januar: Teisserenc de Bort[2])	Januar: Derselbe nach d. Karten v. Hann[2])	Januar: Heiderich	Januar: Baschin	Juli: Ferrel[1])	Juli: Teisserenc de Bort[2])	Juli: Derselbe nach d. Karten v. Hann[2])	Juli: Heiderich	Juli: Baschin
80° N	760.4		757.7	757.5	757·1	760.6		758.8	759.1	758.8
75°	60.2		58.3		58 3	58.8		58.0		57.9
70°	59.0		60.0	57.3	59.9	58.2		57 5	57.7	57.6
65°	58.8		62.0		62.2	57.6		57.5		57.5
60°	59.7	759 9	60.9	55.8	60.9	57.7	758 3	57.5	57.4	57.5
55°	61.0	61.8	61.5		60.9	58.4	58.6	58.4		57.8
50°	62.1	62.4		55.5	62.3	59.3	59.2		58.7	58.7
45°	63.0	63.4			62.8	60.0	60.0			59 4
40°	63.6	64.5		56.3	63.7	60.4	60.4		59.8	59.9
35°	64.1	65.6			64.8	60.7	60 1			59.6
30°	63.4	65.3		65.0	64.9	60.0	59.6		59.1	59.0
25°	62.0	63.8			64.3	58.8	58.6			58 5
20°	60.6	61.5		62.0	62.7	57.8	57.9		57.9	57 9
15°	59.3	59.5			61.1	57.3	57.2			57.7
10°	58.4	58.4		59.4	59.5	57.4	57.3		58.1	57.9
5° N	58.0	57.9			58.0	57.9	57.9			58.6
0°	57.4	57.7		57.9	58.0	58.6	58.6		59.5	59.4
5° S	57.1	57 6			58.0	59.5	59 6			59.9
10°	57.4	58 3		57.5	57.4	60 8	60 8		60.9	61.1
15°	58.2	58.4			57.2	62.2	62.2			61.7
20°	59.5	59.0		58.0	58.0	63.9	63.3		63.6	63.2
25°	60.8	59.7			59.6	65.6	64.8			64.6
30°	61.3	60.0		61.5	61.5	65.7	64.8		65.4	65.4
35°	60.6	61.2			62.5	64.2	63.6			64.0
40°	59.1	61.9		64.4	62.0	61.9	61.1		60.4	60.3
45°	56.3	57.1			58.8	58 3	57.9			56.5
50° S	52.7	51.0		53.7	53 5	53.7	53.1		55.0	52.5

Baschin weist die Ursache des Fehlers in der Rechnung von Heiderich darin nach, dass dieser in seiner Formel die verschiedenen Temperaturen im Januar und Juli nicht berücksichtigt habe. Er giebt deshalb eine neue Ableitung aus den von ihm (Baschin) berechneten Luftdruckmitteln unter Benutzung der von Spitaler gegebenen Temperaturen und der von Heiderich berechneten mittleren Höhe der einzelnen Parallelkreiszonen für den auf diese mittlere

[1]) Meteorological Researches for the Use of the Coast Pilot. Part I Washington 1877.

[2]) Annales du Bureau Central Météorologique de France. Année 1887, Mémoires, C. 2.

Höhe derselben reduzierten Barometerstand. Zur Gewinnung eines mittleren Wertes für eine Parallelkreiszone von zehn Graden wurden die mittleren Barometerstände, bezw. Temperaturen jedes fünften Parallelkreises mit dessen Länge multipliziert, diese Produkte zweier benachbarter Parallelkreise addiert und mittels Division durch die Summe der Länge beider Parallelkreise der Mittelwert für die zwischen beiden gelegene Fünfgradzone erhalten. Durch Mittelbildung unter Berücksichtigung der verschiedenen Flächengrösse wurden dann auch die mittleren Barometerstände, bezw. Temperaturen für die Zehngradzonen und die grösseren Abteilungen erhalten, welche in der folgenden Tabelle zusammengestellt sind.

Zone	Barometerstand auf das Meeresniveau reduziert		Temperatur im Meeresniveau		Mittlere Höhe nach Heiderich
	Januar	Juli	Januar	Juli	in *m*
80 — 70° N	758.6	758.0	— 28.7	4.6	343
70 — 60°	61.4	57.5	— 21.4	11.6	349
60 — 50°	61.3	57 5	— 11.1	16.0	274
50 — 40°	63.0	59.4	— 1.9	20.9	341
40 — 30°	64.6	59.5	9.0	25.7	640
30 — 20°	64.0	58.4	18.2	27.9	279
20 — 10°	61.1	57.8	23.8	27.6	153
10 — 0° N	58.3	58.7	26.1	26.1	142
0 — 10° S	57.9	60.0	26.1	24 9	142
10 — 20°	57.4	61.9	25.7	22.5	204
20 — 30°	59.6	64.4	24.4	18 0	168
30 — 40°	62.1	63.5	19 4	12.5	53
40 — 50° S	58.5	56.6	12 4	6 6	20
80 — 50° N	60.8	57.8			
50 — 30° N	63.8	59.5			
30 — 0° N	61.1	58.3			
0 — 30° S	58.3	62.1			
30 — 50° S	60.5	60.3			
80 — 0° N	61.8	58.5			
0 — 50° S	59.0	61.4			
80° N — 50° S	60.6	59.8			

Die Luftdruckdifferenzen zwischen Sommer und Winter auf der nördlichen Halbkugel betragen also 1.3 *mm* und sind reell, wenn auch die Differenz der auf das höhere Niveau reduzierten Barometerstände geringer ist, als bei den auf das Meeresniveau reduzierten.

»Durch eine Reduktion des Luftdruckes auf Parallelkreiszonen,« bemerkt schliesslich Baschin, »würde aber die thatsächlich vorhandene Luftdruckverteilung selbstverständlich nur dann richtig wiedergegeben werden, wenn wirklich jede Zone eine gleichmässige Höhe hätte, und der Luftdruck innerhalb der Zone gleichmässig verteilt wäre. Beides ist aber bekanntlich nicht der Fall, und daher geben alle auf derartigen Rechnungen beruhenden Ergebnisse nur angenäherte Werte.

Zu einer endgültigen Entscheidung der Frage würde man kleinere Flächenelemente, etwa Fünfgradfelder, der Rechnung zu grunde legen müssen, und solange das nicht geschehen ist, kann diese Frage auch noch nicht als endgültig gelöst betrachtet werden.«

16. Wolken.

Ausserordentliche Höhe einer Wolke. Prof. Hildebrandsson teilt seine Beobachtungen einer am 24. November 1894 über Upsala gesehenen Wolke mit, die sich nach $4^{1}/_{2}{}^{h}$ als hellleuchtender Wolkenstreifen von nur ein paar Grad Länge und einem halben Grade Breite am vollständig klaren Himmel darstellte. Sie verschwand 4^{h} 54^{m} augenblicklich, und es ist daher wahrscheinlich, dass sie eine von der Sonne beleuchtete Wolke war. Nach Dunèr's Berechnung muss dann ihre Höhe 138 *km* gewesen sein. Das stimmt mit der von Mohn für eine über der Nordsee am 19. Dezember 1892 sichtbaren Wolke berechneten Höhe von 132 *km* überein. Über die Natur dieser Wolken, ob sie aus Eisnadeln oder vulkanischen oder kosmischen Stoffen bestehen, lässt sich zur Zeit nichts sagen [1]).

Die Wolkenbildung ist gelegentlich der Luftfahrten des Deutschen Vereines in Berlin genauer studiert worden. Dr. Richard Assmann bemerkt in seinem Berichte über diese Luftfahrten [2]):

»Wenn an den Grenzflächen verschieden gerichteter und temperierter Luftströme Wolkenbildung eintrat, so erfolgte sie in der Form von Wogenwolken, wie dies nach den theoretischen Untersuchungen von v. Helmholtz nicht anders zu erwarten war.

Die Bildung der Haufwolken im Bereiche einer barometrischen Depression reichte wiederholt bis zu ungeahnten Höhen hinauf und liess unter günstigen Bedingungen ganz deutlich die aus theoretischen Voraussetzungen zu schliessende charakteristische Neigung der oberen Wolkengrenze nach dem Rande der Depression zu erkennen.

Die Oberfläche einer geschlossenen Wolkenschicht verhielt sich thermisch und elektrisch in bezug auf die Beeinflussung der darüber liegenden Luftschichten nahezu gleich der Erdoberfläche. Hierdurch wurde eine von v. Bezold zuerst ausgesprochene Vermutung vollauf bestätigt.

Die Bildung und Einteilung der Wolken sowie ihre Beziehung zur Wettergestaltung ist von Clement Ley dargestellt worden [3]). In Anlehnung an die bisherige Einteilung giebt er eine

---

1) Meteorolog. Zeitschrift 1895. p. 72.
2) Zeitschrift f. Luftschiffahrt 1895. Heft 4.
3) Ley, Cloudland. A study on the structure and characters of Clouds. London 1894.

neue Klassifikation der Wolken, wobei 26 Formen unterschieden werden. Prof. Hildebrandsson hat eine kritische Darstellung dieser Ley'schen Einteilung gegeben[1]), deren wesentlicher Inhalt hier folgt.

1. Radiationswolken.

Nebula	Nebel	Neb.	Höhe 15 m
Nebula pulverea	Staubnebel	Neb. pulv.	» 920 »
	Nebenform:		
Nebula stillans	Nasser Nebel	Neb. Still.	

Nebula kann entweder in der unteren Hälfte des Luftmeeres ruhen oder einige Meter darüber schweben. Im ersten Falle ist es gewöhnlicher Nebel, im zweiten Stratus der internationalen Klassifikation. Ist der Nebel nass, so wird er Nebula stillans genannt. Die zerrissenen Wolken auf Bergabhängen sollen nicht als Nebula betrachtet werden, denn sie können aus verschiedenen Wolkenformen stammen, und sollen daher nur als Nubes, n, notiert werden.

Nebula pulverea ist keine eigentliche Wolkenform. Der Verfasser bezeichnet damit Staubmassen, die in der Luft suspendiert sind, gewöhnlich trockener Nebel genannt werden oder gewisse Formen von »Haze« und besonders in Abessynien, Wüstenländern, auf Teneriffa u. s. w. wie Wolkenmassen auftreten. Diese sind im durchgehenden Lichte orangegelb, im reflektierten dagegen schmutzig rot oder blaugrau. Sie treten bisweilen abends als dunkle parallele Cirrusbänder im Osten auf.

2. »Interfret«wolken.

Das englische Wort »Interfret« bedeutet hier die Durchmischung an der Grenzfläche zwischen zwei übereinanderfliessenden Luftströmen von verschiedener Temperatur, Feuchtigkeit, Richtung und Geschwindigkeit. Dann »müssen die Luftpartikeln an der Grenzfläche bis zu einem gewissen Abstande davon sich durchmischen (intermingle) und Wirbel, Wellen und Wogen gebildet werden, deren Grösse und Formen von den respektiven Geschwindigkeiten und Richtungen der Strömungen bedingt sind. Wenn nun der obere Strom kälter ist, als der untere, was gewöhnlich der Fall ist, und der untere Wasserdampf nahe der Maximumtension enthält, so wird wahrscheinlich in den Kämmen der Wogen Kondensation eintreten, denn diese Teile des unteren Stromes werden hoch hinauf in den oberen, kälteren Strom gedrängt und werden dadurch abgekühlt. Diesem Prozesse geben wir den Namen »Interfret«. Wenn dagegen der untere Strom kälter ist als der obere, und dieser Wasserdampf nahe der Maximumtension enthält, so tritt die Kondensation in den Thälern anstatt in den Kämmen der Wogen ein. »Reversed Interfret« nennen wir dieses Phänomen. In dieser Weise bekommen wir Wogen von Wolken, die sich am Himmel bilden, entweder in langen parallelen Reihen, in welchem Falle die Strömungen in beinahe gleiche oder in beinahe entgegengesetzte Kompassstriche gerichtet sind, oder, ohne in parallele Linien geordnet zu sein, zerbrochen in kleinere Wogen, Wellen und Wirbel wie eine Krabben-See (»choppy sea«). Im letzteren Falle haben wir unzählige Ballen und Flächen von Wolken, wie sie im schönen, stillen Sommerwetter so oft gesehen werden.«

Die folgenden Formen werden unterschieden:

Nubes Informis	Scud	N. Inf.	Höhe	430 m
Stratus Quietus	Ruhige Wolken	Str. Qui.	»	950 »
Stratus Lenticularis	Linsenwolken	Str. Lent.	»	4950 »
Stratus maculosus	Lämmerwolken	Str. Mac.	»	2750 »
Stratus Castellatus	Turmwolken	Str. Cast.	»	6120 »
	Nebenform:			
Stratus Praecipitans	»Plane Shower	Str. Praec.		

[1]) Meteorol. Zeitschrift 1895 p. 81 u. ff.

Nubes informes oder »scud« ist sehr leicht zu erkennen, besonders, wenn es unter Nimbus oder Cumulo-Nimbus vorkommt. Bisweilen gehen sie in Nebula über, bisweilen können sie mit beginnendem Cumuli, was wir unten als Cumulo-rudimentum bezeichnen, verwechselt werden. Sie sind weder durch Radiation oder durch Inversion verursacht, kommen aber stets vor, wo die Luft in heftigen Strömungen begriffen ist, und werden daher zu dieser Klasse gerechnet, obwohl sie nicht typische »Interfret«-wolken sind.

Stratus Quietus ist typischer Strato-Cumulus der internationalen Klassifikation. Er kommt vor hauptsächlich über anticyklonischem Gebiete und ist eine Nacht- und Winterwolke, besonders über höheren Breiten und über dem hohen Luftdrucke der Wendekreise. Diese Wolken brauchen für ihre Bildung »eine langsame und ausgebreitete herabsinkende Bewegung in der Atmosphäre und eine langsame horizontale Bewegung der Luft über der oberen Fläche der Wolken.« Die vertikale Dicke ist klein, etwa 230 *m*.

Stratus maculosus ist Alto-Cumulus der internationalen Nomenklatur. Es wird gebildet »zwischen zwei Luftschichten, die sich mit verschiedenen, doch nicht allzu verschiedenen Geschwindigkeiten bewegen«. Diese Wolken variieren sehr in Höhe und Aussehen zwischen Stratus Quietus (Strato-Cumulus) und Cirro-Macula (Cirro-Cumulus). Von den letzteren unterscheiden sie sich hauptsächlich durch schattige Partien. Die Cirro-Macula ist dagegen überall glänzend hell.

Stratus lenticularis wird als eine seltene Form bezeichnet. Es sind runde Wolkenflecke an doppeltkonvexe Linsen erinnernd von ziemlicher Grösse, die sehr hoch schweben. Sie kommen bisweilen vor in den herabsinkenden Strömungen zwischen Cumuli, gewöhnlicher aber »in den höheren Schichten des Luftkreises, wo eine abwärts gerichtete Bewegung vorkommt, diese mag entweder über die Gebiete mit hohem Drucke um die Wendekreise oder über den Anticyklonen im Sommer der höheren Breiten vorkommen; und wir nehmen an, dass diese Wolken gebildet werden, wenn abwärts gerichtete Luftströme entweder eine zunehmende Menge von Staubpartikeln oder Staubpartikeln von niedrigerer Temperatur als die der höher befindlichen begegnen.« — Soweit wir aus der Darstellung und der Zeichnung ersehen können, sind diese Wolken sich auflösende Partien von Alto-Stratus, wenn diese über eine Anticyklone in die absinkenden Strömungen derselben geraten sind.

Stratus Castellatus steht an der Grenze zu der nächsten Abteilung, den Inversions- oder Cumuliformenwolken. Sie schweben sehr hoch und bestehen aus langen Bändern mit cumulusähnlichen Protuberanzen besetzt. Sie kommen vor besonders abends über seichten barometrischen Depressionen (sog. »Gewittersäcke«) und sind gewöhnlich von Gewittern gefolgt. Stratus Castellatus ist eine Wolke, gebildet von ausserordentlicher »Interfret«, wenn die angrenzenden Luftschichten nicht nur mit verschiedenen horizontalen Geschwindigkeiten sich bewegen, sondern auch diese Bewegungen kompliziert werden durch mehr oder weniger verschiedene Richtungen derselben, so dass ein Phänomen von Wogenbildung zu den für Stratus Maculosus charakteristischen einfachen Wirbeln hinzukommt.«

Diese Wolkenform ist im allgemeinen selten, soll aber in gewissen Gegenden von England öfters vorkommen. In Upsala sind diese Wolken sehr selten, auch hier haben wir sie vor herannahenden Gewittern gesehen. Sie werden im allgemeinen, wie Clement Ley selbst anderswo bemerkt, als Cirro-Cumulus betrachtet. Es wäre vielleicht am richtigsten, sie als eine Unterabteilung dieser Wolken zu bezeichnen.

Stratus Praecipitans werden die Formen dieser Abteilung genannt, wenn sie in relativ seltenen Fällen Niederschlag bringen. Schnee aus Stratus Quietus (Str.-Cm.) in geringer Menge ist nicht ungewöhnlich. Nach dem Verfasser soll auch Stratus Maculosus (Al-Cm) bisweilen ein wenig Regen oder Schnee abgeben.

3. **Inversionswolken.**

Diese Wolken bilden sich durch Kondensation von unten nach aufwärts in aufsteigenden vertikalen Luftströmen. Diese Kondensation beginnt in einer gewissen Höhe, wo die ebenen, horizontalen Grundflächen der Haufenwolken sich befinden. Die freigewordene Wärme trägt dazu bei, die Luftmassen noch höher steigen zu lassen, und die Kondensation fährt fort, bis unser vertikaler Strom Luftschichten antrifft in so grosser Höhe, »dass sie nicht viel von der Radiation der Erdoberfläche affiziert sind, und darum in einem Zustande von ‚stabiles equilibrium‘ sind. Unser aufsteigender Strom muss darum die accelerierende Einwirkung der Kondensation verlieren und ist viel kälter und dichter geworden als die Luft rund herum. Er muss darum auswärts und nach unten fliessen, kühlt die umgebende Luft ab, wodurch Kondensation von oben nach unten stattfindet, so dass Wasserpartikeln wie ein Strom an den Aussenseiten der Wolke herabströmen, bis dieselbe durch die freigewordene Kondensationswärme in einem niedrigeren Niveau zuletzt aufhören muss.« Durch eine Skizze zeigt der Verfasser, wie er sich diesen Vorgang denkt. Im Durchschnitte einer Haufenwolke zeigen lange Pfeiler in der Mitte einen starken aufsteigenden Luftstrom an. Im Gipfel werden sie kleiner, beugen sich auswärts, und an den inneren Rändern gehen sie abwärts, sich den Mammelonen der Oberfläche anschmiegend. — Dieser von Kondensation begleitete, abwärts gerichtete Luftstrom im Inneren der Cumuli scheint sehr unwahrscheinlich. Wer eine solche Wolke beobachtet oder, besser, mit wenigen Minuten Zwischenzeit photographiert, wird sehen, dass die Mammelonen auf der einen Seite aufwachsen und an Grösse zunehmen und nacheinander den höchsten Punkt einnehmen. Dort angelangt, beugen sie sich nach der anderen Seite über und lösen sich sinkend allmählich auf. Im allgemeinen scheinen sie sich auf der gegen die Sonne gerichteten Seite aufzulösen. Obwohl folglich jedes Partikel, solange es nicht verdunstet ist, der Richtung und Geschwindigkeit des Luftstromes, worin es schwebt, genau folgt, so kann die ganze Wolke durch Neubildung auf der einen Seite und Auflösung auf der anderen sich scheinbar langsam in eine andere Richtung verschieben, sogar gegen den Wind. Dieses erklärt, wie Luftschiffer in horizontaler Richtung einen Cumulus zu durchsegeln glauben, wenn der Neubildungs- und Zerstörungsprozess gegen den Wind über sie fortschreitet.

Die zu dieser Gruppe gehörenden Formen sind:

Cumulo-rudimentum	Rudiment	Cum. rud.	Höhe 460 m
Cumulus	Haufenwolken	Cum.	Basis 1220 » Gipfel 2290 »
Cumulo-Stratus	Amboswolken	Cum. Str.	Basis 1220 » Gipfel 2140 »
Cumulo-Nimbus	Schauerwolken	Cum. Nimb.	Basis 1220 » Gipfel 3060 »
Nimbus	Regenwolken	Nimb.	Basis 430 » Gipfel 6120 »

Nebenformen:

Cumulo-Stratus Mammatus	»Tubercled« Amboswolken	Cum. Str. Mam.
Cumulo-Nimbus Grandineus	Hagelschauer	Cum.Nimb.Grand.
Cumulo-Nimbus Nivosus	Schneeschauer	Cum. Nimb. Niv.
Cumulo-Nimbus Mammatus	Festonierte Schauerwolken	Cum. Nimb. Mam.
Nimbus Grandineus	Hagelwetter	Nimb. Grand.
Nimbus Nivosus	Schneewetter	Nimb. Niv.

Cumulo-rudimentum sind die kleinen unregelmässigen Bälle oder Fetzen, die entweder (morgens) zu Cumuli aufwachsen, oder in welche Cumuli (abends oder durch starke Winde) zerfallen. Der Verfasser ver-

wirft den Namen Fracto-Cumulus, weil dieser nur zerfallende Cumuli bezeichnet. Es will doch scheinen, als bezeichnete Cumulo-rudimentum noch bestimmter nur sich bildende Cumuli, er legt auch offenbar nur auf diese Gewicht in der Beschreibung.

Cumulus ist ganz dasselbe wie in der internationalen Klassifikation.

Cumulo-Nimbus ist ebenfalls, wie in der internationalen Klassifikation, Gewitterwolke. Gipfel der Cumuli türmen sich hoch empor und fliessen aus oder umgeben sich mit cirrösen Fäden, wahrscheinlich aus Eisnadeln bestehend. Cl. Ley betrachtet die Bildung dieser Eisnadeln als Ursache des Niederschlages. Die elektrische Ladung der Wasserpartikel der Wolke hält sie auseinander, sobald sich aber am Gipfel Eisnadeln bilden, strömt eine Menge von Elektrizität durch dieselben aus. Die entladenen Wasserpartikel stürzen zusammen, bilden Tropfen und fallen herunter. Wenn ein Blitz die Wolken entladet, so kommt daher unmittelbar nach dem Blitze ein Schauer.

Cumulo-Stratus ist eine Zwischenform zwischen Cumulus und Cumulo-Nimbus. Wenn wir die untere Hälfte eines Cumulus Kondensationsebene nennen, so können wir die Höhe, in welcher der »Inversionsprozess« beendigt, Ausflussebene nennen. Wenn in dieser Höhe ein »Interfret«prozess vorgeht, so breitet sich der Gipfel aus und geht in Wolkenschichten vom »Interfret«typus über oder schmilzt mit schon befindlichen Wolken dieses Typus zusammen. Sie entstehen auch, wenn Cumuli vom Lande über Wasser hinaus treiben. Der aufsteigende Luftstrom wird dann nicht länger von unten gespeist. Die Gipfel fliessen dann ambosförmig aus, und die unteren Partien verschwinden allmählich. Die Cumuli verwandeln sich scheinbar in Strato Cumuli, die sich schnell auflösen.

Nimbus ist Regenwolke, »eine grosse dunkle Wolkenbank ohne deutliche Struktur, 100—50 000 englische Quadratmeilen deckend, die regnerisches (dirty) und stürmisches Wetter mitbringt.« Es ist eine zusammengesetzte Wolke; Nubes informis oder Cumulus rudimentum unten und mittelhohe »Interfret«wolken höher oben mischen sich oft so, dass die Köpfe der unteren bis in die Schichten der oberen hineindrängen. Kommen noch höhere Inklinationswolken vor, so kommt viel Regen, sonst ist der Nimbus gewöhnlich regenlos. Die grosse Wolkenbank kommt im Inneren der barometrischen Depressionen vor, besonders vor und im Süden vom Zentrum. Nimbus wird im aufsteigenden Strome der Depression gebildet und folglich durch einen Inversionsprozess im grossen Massstabe. — Wenn auch diese Darstellung der Entstehung dieser Form kaum ganz richtig sein kann, so ist das Resultat, Nimbus, ohne Zweifel dasselbe als Nimbus der internationalen Klassifikation. Das Vorkommen von »Interfret« in der Mitte eines aufsteigenden Luftstromes scheint nicht leicht erklärlich. Durch Kondensation in der grossen aufsteigenden Bewegung im Inneren der Depressionen müssen ja weit ausgebreitete formlose Schichten von dicken Wolken sich bilden. Darüber können natürlich sowohl mittelhohe als hohe Wolken vorkommen. Die Richtung und Geschwindigkeit des Windes variiert successive mit der Höhe, und verschiedene Ströme, scharf gegeneinander abgegrenzt, sind im Inneren der Depressionen wohl selten. Dagegen kommen sie oft vor, wo der höhere Strom einer Depression über die unteren Winde der benachbarten Anticyklonen fliesst.

Von den Nebenformen sind die mit dem Beinamen Mammatus versehenen die interessantesten. In Orkneys und Shettland werden sie »pocks« genannt. Diese bucklige oder festonierte Fläche der Cumulo-Stratus oder Cumulo-Nimbi erklärt Cl. Ley durch »reversed interfret«, wenn also unter einer ausgebildeten Wolke dieser Form ein kälterer und trockener Strom streicht. Da diese Formen seltener sind, so verweisen wir übrigens auf das Original.

Cumulo-Nimbus Grandineus und Nivosus sind nur Benennungen von Hagel und Schnee in Schauern, wie Nimbus Grandineus und Nivosus anhaltendes Hagel- oder Schneewetter bezeichnen.

4. Inklinationswolken.

Wenn in grosser Höhe Wasserdampf zu Eisnadeln verdichtet wird, so beginnen diese durch die kalte, dünne Luft zu fallen. »Wenn das Fallen fortwährt, so gelangen sie durch Ströme, die gradweise wärmer und durch Reibung langsamer sind, bis sie endlich eine Temperatur antreffen, in der sie nicht länger als Eispartikel verbleiben können, sondern zuerst in Wasser und wahrscheinlich fast unmittelbar in Dampf verwandelt werden. Die so gebildete Wolke wird offenbar dem Beobachter eine gekrümmte Form zeigen, denn jeder Teil wird den oberen Teilen, die sich schneller bewegen, nachbleiben.« Diese Form entspricht der eines fallenden Schneeschauers, der von der Seite gesehen wird. Geht der oberste Teil wenig rascher als der unterste, so wird die Krümmung unbedeutend und der Schauer beinahe vertikal, je rascher aber der oberste Teil im Verhältnisse zum untersten sich bewegt, je mehr wird der Schauer vorwärts geneigt.

Die Formen sind folgende;

Nubes Fulgens	Leuchtende Wolken	N. Fulg.	Höhe	91800	*m*
Cirrus	Federwolken	Cir.	»	7650	»
Cirro-filum	Gossamer »Faden«-Wolken	Cir. fil.	»	9180	»
Cirro-velum	Schleierwolken	Cir. vil.	»	7950	»
Cirro-macula	Fleckenwolken	Cir. mac.	»	7038	»

Nebenform:

Cirro-velum-mammatum Draperierte Schleierwolken.

Nubes Fulgens sind die leuchtenden Nachtwolken, die »Silbernen Wolken«, folglich keine eigentlichen Wolken. Warum eine andere Höhe als die von Dr. Jesse gefundene angegeben ist, wird ebensowenig hier angegeben, als für alle übrigen Formen, deren Höhenangaben von allen bekannten Messungen mehr oder weniger verschieden sind.

Cirrus, Cirro-velum und Cirro-macula scheinen den Formen der internationalen Klassifikation Cirrus, Cirro-Stratus und Cirro-Cumulus ganz zu entsprechen.

Cirro-filum ist eine dünne, weisse, sehr hohe Wolkenform, die wie feine, seidene Bänder aussieht, die gewöhnlich parallel laufen. Sie sind bisweilen gefiedert, und wenn die Enden sichtbar sind, so sind sie wie Locken gekrümmt. Es sind, was sonst Radiierende Cirri genannt wird. Eben diese Form scheint gegen die Annahme einer »Inklination« als Ursache der Wolke zu sprechen. Wenn die Wolken, was öfters geschieht, den ganzen Himmel überspannen, so sind, bei einer Höhe von 9—10000 *m*, mehrere hundert Kilometer in Länge sichtbar, und die Neigung gegen den Horizont muss dann äusserst gering sein. — Die Lage der Radiationspunkte ist nach dem Verfasser von grosser Bedeutung. Besonders ist die Lage NW—SO gewöhnlich an der Rückseite einer Depression, ein Zeichen, dass eine neue Depression unmittelbar folgt.

Cirro-velum Mammatum wird, wie die ähnlichen Bildungen der niedrigen Wolken, durch »reversed Interfret« erklärt.

Machen wir nun eine Zusammenstellung mit der internationalen Klassifikation, so erhalten wir folgendes:

Clement Ley	International
Nebula	Stratus
Stratus Quietus	Strato-Cumulus
Stratus Maculosus	Alto-Cumulus
Cirro-Macula	Cirro-Cumulus
Nimbus	Nimbus
———	Alto-Stratus
Cirro-velum	Cirro-Stratus
Cumulus	Cumulus
Cumulo-Nimbus	Cumulo-Nimbus
Cirrus	Cirrus

Jede der zehn Formen der internationalen Klassifikation hat folglich eine entsprechende Form in der Klassifikation Ley's mit Ausnahme von Alto-Stratus. Die Nimbi sind aber nicht bei ihm einfach, sondern »a truly composite cloud«, die von unteren und höheren Wolken, also wohl hauptsächlich von unseren Nimbus und (gewöhnlich) Alto-Stratus zusammengesetzt. In Stratus lenticularis haben wir wahrscheinlich Fragmente von Alto-Stratus.

In der internationalen Klassifikation sind als Nebenformen aufgenommen: Nubes informis, Fracto Nimbus = »Scud«, Cumulo rudimentum = Fracto Cumulus (obwohl die erste Benennung, wie gesagt, die entstehenden, letztere die zerfallenden Formen bezeichnet), Cirro-filum = Radiierende Cirri und endlich die Formen mit dem Beinamen Mammatus.

Sehen wir also von den Formen Nebula Pulverea = Staubwolken und Nubes Fulgens = Silberne Wolken, die nicht zu den eigentlichen Wolken gehören, und ebenso von den Nebenformen Stillans, Grandineus und Nivosus, die nur das Fallen von Niederschlag angeben, ab, so giebt es nur zwei Formen, Stratus Castellatus und Cumulo-Stratus, die nicht in der internationalen Klassifikation vorkommen. Die erste Form ist im grossen und ganzen sehr selten, ist aber gewiss sehr interessant, und die zweite ist nur die höchste Entwickelungsstufe von Cumulus, sobald diese nicht in Cumulo-Nimbus übergehen. Es scheint daher kaum richtig, dieselben als Hauptformen aufzuführen.«

17. Luftfeuchtigkeit und Niederschläge.

Die Luftfeuchtigkeit auf dem Sonnblickgipfel auf Grund einjähriger Registrierungen hat Prof. Hann untersucht[1]. Es ist das erste Mal, dass von einem hohen Berggipfel vollständige, ein ganzes Jahr umfassende Registrierungen der Luftfeuchtigkeit einer Untersuchung unterzogen werden konnten, ja, dass überhaupt verlässliche, auch den Winter umfassende Mittel der Luftfeuchtigkeit aus Regionen über der Schneegrenze erhalten worden sind. Das Psychrometer erweist sich in solchen Höhen, wo die Temperatur nur in wenigen Monaten den Gefrierpunkt überschreitet, als ein wenig verlässliches Instrument zu regelmässigen Feuchtigkeitsbestimmungen.

Die Abhandlung beschäftigt sich im ersten Teile mit dem jährlichen Gange der relativen und absoluten Luftfeuchtigkeit. Erstere ist im Winter am kleinsten (Januar 71 %), im Sommer am grössten (Juni 87 %), umgekehrt wie in der Niederung. Die unregelmässigen täglichen Schwankungen der Feuchtigkeit sind im Winter sehr gross (mittlere tägliche Schwankung 26 %, mittleres Monatsminimum Oktober bis Februar 25 %), der Sommer hat hohe und sehr gleichmässige Feuchtigkeit.

Im zweiten Teile der Abhandlung wird der tägliche Gang der relativen Feuchtigkeit und des Dampfdruckes in sehr eingehender Weise untersucht. Im Winter tritt das Minimum der relativen Feuchtigkeit in der Nacht und am frühen Morgen ein, das Maximum bald nach Mittag; die Amplitude der täglichen Variation ist aber sehr klein. In den übrigen drei Jahreszeiten stellt sich die

---

[1]) Neuer akad. Anzeiger 1895. p. 82.

grösste relative Lufttrockenheit im Laufe des Tages am Vormittage zwischen 9^h und 10^h ein, das Maximum fällt auf die späteren Abendstunden. Der Dampfdruck hat das ganze Jahr hindurch sein Minimum am frühen Morgen 5^h bis 6^h a. m., das Maximum am Nachmittage, im Winter 1^h bis 2^h p., sonst 3^h bis 4^h p. Die für einzelne Sommermonate vorliegenden Aufzeichnungen der Feuchtigkeit von hohen Berggipfeln (Grands Mulets 3010 *m*, Ontake, Japan, 3055 *m*, Faulhorn 2670 *m*) zeigen eine grosse Übereinstimmung mit dem für die gleiche Jahreszeit für den Sonnblick gefundenen täglichen Gange. Von 4^h a. m. bis 1^h p. m. ist im allgemeinen die relative Feuchtigkeit unter dem Mittel (Minimum 9^h a. m.), im übrigen Teile des Tages über dem Mittel mit einem Maximum um 6^h p. m.

Durch die spezielle Untersuchung des täglichen Ganges der meteorologischen Elemente während einer Periode heiteren, heissen Sommerwetters, wo der tägliche Gang der Feuchtigkeit sehr ausgeprägt auftritt, wird gezeigt, dass die Feuchtigkeit schon am frühen Morgen vor Sonnenaufgang unter das Tagesmittel hinabsinkt, dass also nicht die Insolation und Erwärmung des Berges die Hauptursache des Vormittagsminimums sein kann, dieselbe vielmehr in einer niedersinkenden Luftbewegung gesucht werden muss, welche absolute, wie relative Trockenheit bringt, während umgekehrt gegen Abend die aufsteigende Luftbewegung gleichzeitig den Dampfdruck wie die relative Feuchtigkeit steigert.

Der dritte Abschnitt der Abhandlung beschäftigt sich mit der Untersuchung der Perioden grosser Lufttrockenheit, die öfters, namentlich im Winter, zuweilen sprungweise eintreten. Die auffallendste derartige Trockenperiode war die zu Anfang Dezember 1893. Das 24stündige Tagesmittel der Feuchtigkeit vom 6. und 7. Dezember war nur 15 %.

Von den 61 Tagen, an denen die Luftfeuchtigkeit wenigstens bis 50 % herabging, entfällt mehr als die Hälfte auf den Winter, die wenigsten zählt der Sommer. Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines solchen trockenen Tages ist im Winter 0.37, im Frühlinge 0.11, im Sommer kaum 0.05, im Herbste wieder 0.16.

Die nähere Untersuchung ergiebt, dass diese trockenen Tage mit hohem Barometerstande eintreten das ganze Jahr hindurch, d. h. in den Gebieten barometrischer Maxima. Sie sind mit einer Temperaturzunahme verbunden, und der Dampfdruck nimmt gleichzeitig sehr stark ab; es kann also kaum ein Zweifel darüber bestehen, dass die Ursache dieser Trockenheit eine herabsinkende Luftbewegung ist. Die 61 trockenen Tage hatten eine mittlere Temperaturabweichung von $+2.5^0$ und eine mittlere Luftdruckabweichung von $+4$ *mm*. Da es diese trockenen Tage sind, welche hauptsächlich den täglichen Gang der Feuchtigkeit auf dem Sonnblickgipfel bestimmen, so wird derselbe für Winter, Frühling, Herbst und Sommer specieller untersucht. Der tägliche Gang ist fast ganz

übereinstimmend mit jenem im allgemeinen Mittel, nur sind die Amplituden der täglichen Variation viel grösser. Im Winter ist das nächtliche Minimum an den trockenen Tagen sehr stark ausgeprägt (11^h p. m. Abweichung —2 %), ein sekundäres Minimum tritt daneben vormittags um 9 und 10^h ein. Um 4^h nachmittags ist auch an den trockenen Tagen die Feuchtigkeit am grössten (Abweichung +2.3 %). Von Frühling bis Herbst tritt das Maximum erst um 6^h bis 7^h abends auf, aber doch viel früher als im allgemeinen Mittel. Die Nacht- und ersten Morgenstunden sind an trockenen Tagen auch relativ viel trockener als im Mittel aller Tage, worin man wohl auch die Wirkung niedersinkender Luftbewegung erkennen darf.

Die Verteilung der Luftfeuchtigkeit in Russland auf Grund der Beobachtungen von 1871—1890 ist von Kaminskij dargestellt worden[1]). In dieser grossen und mustergiltigen Arbeit werden zunächst die an den russischen Stationen benutzten Instrumente, ihre Aufstellung und die Genauigkeit ihrer Angaben untersucht, sowie das Beobachtungsmaterial als solches kritisch beleuchtet. Dann wird der jährliche Gang der Feuchtigkeit an 227 Stationen abgeleitet, und werden die Monats- und Jahresmittel der absoluten und der relativen Feuchtigkeit in Tabellen vorgeführt. Die kartographische Darstellung bezieht sich auf die Jahreszeiten und auf das Jahr.

Bestimmung des Versickerungskoeffizienten des Bodens. F. M. Stapff hat hierüber eine wertvolle Untersuchung angestellt[2]). Die atmosphärischen Niederschläge verschwinden von der Oberfläche 1. durch Verdunstung und Vegetationsprozesse, 2. durch oberflächlichen Abfluss, 3. durch Versickerung im Boden. Für letztere wird ziemlich willkürlich im Mittel $^1/_3$ des gesamten Niederschlages angenommen. Stapff macht zunächst auf das Unzulässige dieser Annahme aufmerksam.

Aus den von Lueger mitgeteilten Daten ergiebt sich, dass das Verhältnis zwischen der in einem Gebiete von bestimmter Beschaffenheit und Grösse flüssig bleibenden Bodeninfiltration und der Regenmenge in Frankreich, der Schweiz, Deutschland zwischen 0.043 (Schwarzwald, Becker) und 0.50 (Sorgue bei Vaucluse, Débauve) schwankt. Für Schweizer Flussgebiete giebt Lauterburg den Mittelwert 0.221 an, womit Iszkowski's Berechnung von 0.236 für die Rhône (bis Saône) und 0.209 für den Rhein (oberhalb Bodensee) in Einklang steht. Nach demselben sind die resp. Koeffizienten für das Gebiet der Memel (Tilsit) 0.161, Weser (Bremen) 0.169, Weichsel (Mündung) 0.171, Donau (Wien) 0.173, Oder (Warthemündung) 0.190, Elbe (Altenzaun) 0.200, Garonne (Toulouse) 0.166,

---

1) Repertorium f. Meteorologie. 6. Suppl.-Bd. Petersburg 1894.
2) Zeitschrift f. prakt. Geologie 1895. p. 194 u. ff.

Seine (Mantes) 0.187, Loire (Tours) 0.266. Erheblich kleiner als diese aus dem Niedrigststande der Flüsse abgeleiteten Zahlen fallen die aus der Quellergiebigkeit berechneten aus, nämlich für Schwarzwald 0.043 (Becker), Odenwald 0.053 (derselbe), Frankreich 0.085 (Paramelle), Gotthard 0.075 (Stapff), und Fälle, in denen $^1/_3$, $^1/_2$ oder mehr des Regenwassers versickert, um in Quellen wieder hervorzutreten (Sorgue bei Vaucluse), dürften nur sehr vereinzelt in spalten- und höhlenreichen Kalkgebirgen vorkommen. Aus den von Th. Verstraeten in Proc. verbaux de la Soc. Belge de géologie 1894 p. 141 u. ff. mitgeteilten Ziffern folgt für Kohlenkalkstein ein Versickerungsquotient von 33 % (Hoyoux) und 28 % (Bocq), bei Zugrundelegung der Niederschläge von Bruxelles.

Der Versickerungskoeffizient, dessen Kenntnis für die Beurteilung des Wasserregimes der Flüsse, für die Land- und Forstwirtschaft, besonders aber für Quell- und Grundwasserfragen (Wasserversorgung, Wasserlosung) von praktischer Bedeutung ist, muss also von Fall zu Fall bestimmt werden. Erlauben es die Umstände, den mittleren Abfluss des Grundwassers und sämtlicher Quellen eines natürlich abgeschlossenen Sammelgebietes einerseits, das mittlere Niederschlagsquantum auf dasselbe Gebiet anderseits zu messen, so ergiebt sich das Verhältnis beider, d. i. der Versickerungskoeffizient, ohne weiteres. Dies direkte Verfahren lässt sich aber nur selten anwenden; Verf. hat danach beispielsweise ermittelt, dass von dem Gesamtniederschlage auf das Sammelgebiet der vom Gotthardtunnel verschluckten Quellen bei Airolo 15 % der Verdunstung und Vegetation, 7.5 % der Quellenbildung anheimfielen, und 77.5 % oberflächlich abflossen.

Stapff entwickelt nun eine Methode zur Bestimmung des Versickerungskoeffizienten, die von der Voraussetzung ausgeht, dass die temporäre, bekannte Wasserführung des Abflusskanales eines Sammelgebietes durch einen kurzen, unvermittelt beginnenden und wieder endenden, starken Regenfall um ein gewisses Quantum vermehrt wird, so dass sich ein gut begrenztes Hochwasser bekannter Höhe einstellt, welches den nicht sofort wieder verdunsteten, sondern oberflächlich abgeflossenen Teil des Regenwassers darstellt; während der versickerte Teil desselben in der kurzen Zeit zwischen Beginn des Regens und Ende des Hochwassers den Quell- und Grundwasserabfluss nicht erheblich vermehren konnte. Für den einzelnen Fall lässt sich also das Sickerwasserquantum vom oberflächlichen Abflusse ideell trennen und ein Abflusskoeffizient bilden, welcher das Verhältnis zwischen nur dem oberflächlichen Abflusse und dem Regen ausdrückt. Der mittlere jährliche Abflusskoeffizient des Gebietes ist dagegen aus mittlerer Wasserabfuhr durch den Abzugskanal und mittlerer Niederschlagshöhe gebildet und enthält den Versickerungskoeffizienten. Man kann also zwei Abflusskoeffizienten bilden: den einen inclusive, den anderen exclusive Sickerwasser, und ein Vergleich beider ergiebt den Versickerungskoeffizienten.

Bezüglich der einzelnen Rechnungsvorschriften muss auf das Original verwiesen werden. Zu bemerken ist, dass der so berechnete Versickerungskoeffizient nur für einen bestimmten Witterungs- und Bodenzustand gilt, und man, um einen mittleren Wert zu erhalten, die Bestimmung unter geeigneten Verhältnissen oft wiederholen muss. Dabei ist, wie Stapff selbst hervorhebt, zu berücksichtigen, dass die Methode im Winter, wenn der Boden gefroren und schneebedeckt ist, unanwendbar wird; desgleichen im Frühjahre, solange die Schneeschmelze noch nicht beendet ist. Anderseits ist sie auch während der Vegetationsperiode nur mit Vorbehalt zu verwenden, weil in derselben der Wasserverbrauch der Pflanzen so bedeutend ist, dass er (in Deutschland) mehr als das Doppelte des gleichzeitigen Regens beträgt und zum Teile von aufgespeichertem Grundwasser gedeckt werden muss. Demzufolge würden Versickerungsquotienten, welche nach dieser Methode in der Vegetationsperiode bestimmt werden, nicht nur die Versickerung in sich begreifen, sondern gleichzeitig auch den Wasserverbrauch der Vegetation, d. h. den auf letztere zurückzuführenden Teil der Verdunstung von bereits im Boden aufgespeichertem Sickerwasser. Beim weiteren Verfolgen dieser Frage dürfte es sich sogar als möglich herausstellen, den Anteil der Vegetation am Verdunstungskoeffizienten rechnerisch auszuscheiden, und zwar durch den Vergleich der vor, während und nach der Vegetationsperiode gefundenen Versickerungskoeffizienten.

Behufs Erprobung seiner Methode hat Stapff dieselbe auf Berechnung des Versickerungskoeffizienten für den oberen Teil des Poljengebietes im nördlichen Böhmen angewendet, ein Gebiet, welches noch am besten, wenn auch nicht völlig, den Anforderungen entspricht, welche die Methode verlangt. Auf die Einzelheiten der Berechnung kann hier nicht eingegangen werden; die Hauptergebnisse derselben, in Jahresmitteln zusammengefasst, sind:

Flüssigbleibende Versickerung	0.146
Unmittelbarer oberflächlicher Abfluss und abgeflossenes Schneeschmelzwasser	0.138
Mittelbarer Verbrauch der Vegetation (aus dem Boden zurückgezogen)	0.175
Unmittelbarer Verbrauch der Vegetation (in den Sommermonaten dem fallenden Regen entnommen; aus dem Verluste)	0.070
Der Verdunstung anheimgefallen	0.475
	1.000

Die Verdunstung verzehrt also nahezu die Hälfte der jährlichen Niederschläge.

Das Auftreten gleichzeitiger Regen in St. Petersburg und Pawlowsk ist von B. Kiersnowski untersucht worden [1]). Beide

[1]) Wild, Rep. f. Meteorologie 17. Nr. 4.

Stationen liegen 30 *km* voneinander entfernt, und der Zeitraum der Beobachtungen beträgt 15 Jahre (1878 bis 1892). Es wurden die (640) Tage ausgezogen, an denen eine der beiden Stationen mindestens 5 *mm* Niederschlag notiert hat. Diese Tage umfassen etwa 22 % aller Tage mit Niederschlag überhaupt und 66 % der gesamten Niederschlagshöhe. Im einzelnen unterschied der Verf. vier Gruppen, nämlich Tage mit a) 20 *mm* und darüber, b) 15 bis 20 *mm*, c) 10 bis 15 *mm*, d) 5 bis 10 *mm* Niederschlag. Es fand sich, dass die Niederschläge um so gleichmässiger im Raume verteilt sind, je schwächer sie sind, im einzelnen aber zeigen die Regenmengen eines Tages an zwei Stationen, die so nahe wie die obigen bei einander liegen, eine sehr grosse Verschiedenheit.

18. Winde und Stürme.

Der Sturm vom 22. Dezember 1894 ist von W. Köppen behandelt worden[1]. Die gesamte zweite Hälfte des Dezember 1894 hatte an den Küsten Mitteleuropas einen ungewöhnlich stürmischen Charakter. Vom 9. bis 13. Dezember hatte ein Hochdruckgebiet ($>$ 770 *mm*) über dem Inneren von Deutschland gelegen. Am 13. trat ihm niedriger Druck ($<$ 740 *mm*) im NW gegenüber, und herrschte zwischen diesen über den Britischen Inseln eine stürmische südwestliche Luftströmung. Plötzliches Steigen des Barometers in Schottland zum 14., dem fast ebenso rasches Fallen folgte, deutete den Vorübergang einzelner Wirbel in dem ausgedehnten Niederdruckgebiete auf dem Ozeane an.

Der zweite derselben lag am Morgen des 15. etwa bei den Faröern, ein Ausläufer davon erstreckte sich aber bis nach Nordwestdeutschland. Am Abende hatte dieser, ostwärts fortschreitend, ziemliche Selbständigkeit gewonnen; sein Mittelpunkt lag nun bei Thorn, war aber am folgenden Morgen kaum noch in Littauen kenntlich. Abermals erschien nun in NW ein grosser Wirbel, und wiederum traten stürmische Südwest- und Westwinde auf den Britischen Inseln ein. Nach SSO fortschreitend, kam dieser Wirbel direkt auf Deutschland zu; aber gleichzeitig nahm seine Stärke so ab, dass er am 20. Dezember, als sein Mittelpunkt die Küste erreichte, nur auf seiner Westseite frische, sonst nur schwache Winde enthielt und am folgenden Tage sich in Ostdeutschland gänzlich ausfüllte. Von der Bai von Biscaya bis nach Russland zeigte sich am Morgen des 21. der Luftdruck gestiegen, während im NW, besonders in Norwegen, rasches Fallen des Barometers eingesetzt hatte. Beides deutete auf die Annäherung einer tiefen Depression auf dem Ozeane hin. Doch konnte die Wetterlage noch nicht direkten Anlass zur Besorgnis geben, bis am Abende des 21. ein Telegramm von Belmullet an der Westküste Irlands SW 8 mit sehr raschem

---

[1]) Annalen der Hydrographie 1895 März. p. 92 u. ff.

Fallen des Barometers meldete. Am folgenden Morgen war bereits der Sturm so heftig über den Nordwesten der Britischen Insel hereingebrochen, dass die Telegramme aus dem ganzen Norden derselben wegen Störung der oberirdischen Linien ausblieben.

Am Morgen des 22. wurde zu Malin Head an der Nordküste von Irland NW 12, zu Donaghadee WNW 11 notiert, ferner zu Stornoway N 10, Belmullet NW 10, Holyhead W 10, während an der Ostküste von Grossbritannien die Stärke 8 noch nicht überschritten war. Am Abende des 22. dagegen meldete Aberdeen NW 10 und North Foreland W 9, während andere Orte der Ostküste allerdings auch jetzt nur Windstärken 3 bis 8 hatten.

An der deutschen Nordseeküste und am Helder war um 2^h p. der Wind auf Stärke 9 angewachsen, aber noch immer SW. An diesem Abende ging der Sturm auf Borkum um 8^h p., in Keitum und Kiel um 10^h p., in Wilhelmshaven um Mitternacht, in Hamburg um 4^h und in Wustrow um 5^h nachts nördlich von West, und erreichte seine grösste Stärke an den ersten vier Stationen erst nach diesem Umgehen, nämlich auf Borkum und in Wilhelmshaven um 1^h nachts und in Keitum erst um 6^h früh; in Hamburg dagegen hat der Sturm nach 9^h abends nicht mehr zugenommen; hier erreichte er überhaupt nur eine sehr mässige Stärke, die in gar keinem Verhältnisse stand zu den Verwüstungen auf der Nordsee und den Britischen Inseln und zu der Höhe der Sturmflut. Der Sturmwirbel nahm eben während seiner Fortpflanzung nach Osten rasch an Intensität ab, so dass er auf der Ostsee keinen erheblichen Schaden mehr gethan und in der Nacht vom 23. zum 24. sich bis auf einen kaum erkennbaren Rest in Livland aufgelöst hat.

Über den Ursprung des Sturmwirbels konnte Verf. noch nichts Zuverlässiges sagen, da Beobachtungen vom Ozeane im Westen und Nordwesten von Schottland fehlen. Auf der Washingtoner »Pilot Chart« für Januar ist er mit einem Wirbel in Verbindung gebracht, der am 18. Dezember nördlich von Haïti sich zuerst gezeigt und am 21. in 50^0 nördl. Br. und 31^0 westl. L. gelegen haben soll; es würde dies die ausserordentliche Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 1200 Seemeilen in 20 Stunden oder 2666 *km* in 24 Stunden bedingen. Auf der »Pilot Chart« für Februar ist dagegen der Wirbel aus einer Richtung abgeleitet, die etwa zur Südspitze Grönlands weist, und ist er am 21. Februar nach 57^0 nördl. Br. und 24^0 westl. L. gelegt.

Verf. zeigt auf synoptischen Kärtchen den Lauf des Wirbels, dessen Zentrum am 22. 8^h abends am östlichsten Punkte der schottischen Ostküste, zwölf Stunden später über Jütland, nach fernern zwölf Stunden zwischen der schwedischen Ostseeküste und dem Wettersee lag, so dass es in weniger als 24 Stunden 970 *km* zurückgelegt hatte. Die stärksten Gradienten fanden sich auch jetzt noch an seiner Südwestseite, hatten sich jedoch bis auf die Hälfte ihrer früheren Grösse vermindert. Der Wirbel verfiel nun rasch,

sein Rest war am 23. abends noch deutlich bei Memel, am 24. morgens aber nur noch als leichte Ausbuchtung der 760 *mm*-Isobare in Westrussland zu erkennen. Diesen Luftdruckverhältnissen entsprechend, war auch die Gewalt des Windes auf den Britischen Inseln eine ganz ausserordentliche, während an den holländischen und deutschen Küsten der Nordsee weniger der Sturm selbst als die Sturmflut zu den historisch denkwürdigen Ereignissen gehört. Von der Nordsee selbst besitzen wir keine Beobachtungen über die Windstärke in diesem Sturme, und nur die traurige Liste der Schiffsverluste beweist, dass sie auch dort eine ungewöhnlich grosse gewesen sein muss. Nach einer Mitteilung von Ch. Harding im »Naut. Mag.« wurde die Windgeschwindigkeit von 20 *m* pro Sekunde in diesem Sturme zuerst um 10^h p. des 21., und zwar in Valencia und Holyhead, überschritten. Am folgenden Morgen aber wehte über einem grossen Teile der Britischen Inseln der Wind in völlig orkanmässigen Böen. Zu Fleetwood, nördlich von Liverpool, war die mittlere Windgeschwindigkeit der Stunde $8^1/_2$ bis $9^1/_2{}^h$ a. 48 *m* pro Sekunde, und während vier aufeinander folgender Stunden über 45 *m* pro Sekunde, was noch nicht vorgekommen ist, seit Anemometer in Grossbritannien aufgestellt sind. In Liverpool stieg die Windgeschwindigkeit in der Stunde $10^1/_2$ bis $11^1/_2{}^h$ auf $40^1/_2$ *m* pro Sekunde, und blieb sie fünf Stunden lang (7^h a. bis 2^h p.) über $33^1/_2$ *m* pro Sekunde. Auf Orkney blieb sie vier Stunden über dieser Grenze und war 37 *m* pro Sekunde um 11^h a. An den übrigen Anemometerstationen auf den Britischen Inseln blieb die stündliche mittlere Geschwindigkeit unter 36 *m* pro Sekunde, doch erreichte sie diese Grösse beinahe zu Alnwick Castle. In einzelnen Stössen war die Windstärke natürlich noch weit grösser, in Holyhead ergab das besonders für die Messung von Windstössen eingerichtete Anemometer in mehreren Böen 67 *m* pro Sekunde. Im Sturme vom 16. bis 20. November 1893 waren die grössten gemessenen Windgeschwindigkeiten 43 *m* pro Sekunde im Mittel einer Stunde auf den Orkneys und $51^1/_2$ *m* pro Sekunde in der stärksten Böe zu Holyhead.

In Südengland, wo der Sturm schwächer war, wurden immerhin sehr schwere Windstösse beobachtet; am meisten bemerkenswert ist einer, der in Greenwich um 6^h a. des 22. (mit 28 Pfund Druck per Quadratfuss) und wenige Minuten früher in Kew aufgezeichnet wurde. Nach den Änderungen in Luftdruck, Temperatur und Wind scheint er identisch mit einer Böe gewesen zu sein, die Falmouth zwei Stunden früher traf und danach fast 200 *km* in der Stunde oder 54 *m* in der Sekunde zurückgelegt haben muss.

Die schwersten Zerstörungen auf festem Lande erfolgten im Norden Irlands und Englands und im Süden Schottlands; der orkanmässige Sturm war glücklicherweise von mässiger räumlicher und zeitlicher Ausdehnung und dadurch auf den Inseln nicht entfernt so verhängnisvoll wie jener vom 16. bis 20. November 1893.

Immerhin sollen nach Zeitungsnachrichten mehrere Hundert Fabrikschornsteine umgeweht, zahlreiche Häuser abgedeckt, Gebäude zusammengestürzt und Tausende von Fensterscheiben eingedrückt sein. In der Irischen See, besonders auf dem Mersey und dessen Umgebung, sind zahllose Schiffsunfälle geschehen, und eine Anzahl von Schiffen verloren gegangen.

Schon während das Minimum über Schottland hinzog, frischte der Wind an der deutschen Nordseeküste auf; er erreichte am 22. auf Borkum um 5^h früh, in Keitum um 6^h, in Wilhelmshaven um 7^h und in Hamburg um 9^h morgens stürmische Stärke. Bis 9^h abends blieb sodann in Hamburg seine Zunahme ungefähr parallel jener in Borkum und Wilhelmshaven; von da an nahm aber die Windgeschwindigkeit in Hamburg ab, während sie an den beiden westlichen Stationen weiter stieg und erst nach Mitternacht auf ihren Höhepunkt stieg. Demgemäss erreichte der Wind in Hamburg bei weitem nicht die Stärke, die er auf Borkum und besonders, den Wirkungen nach zu schliessen, auf der offenen Nordsee hatte. Die grösste in Hamburg als Mittel einer Stunde in diesem Sturme gemessene Windgeschwindigkeit betrug nur 22.4 *m* in der Sekunde und bot nichts Aussergewöhnliches; auch in Wilhelmshaven war sie mit 26 *m* pro Sekunde noch nicht sehr bemerkenswert; auf Borkum wurden jedoch 36 *m* pro Sekunde gemessen, also dieselbe Grösse, wie die höchste Windstärke in Hamburg am 12. Februar 1894. Allerdings ist zu beachten, dass das Anemometer von Borkum auf dem alten Leuchtturme viel höher und freier steht als die der anderen Stationen und im Durchschnitte aller Tage im Verhältnisse von 7 : 5 grössere Windgeschwindigkeiten giebt als das Hamburger. Gerade für die grössten Geschwindigkeiten ist indessen der Unterschied in der Regel geringer.

Ein auffallendes Zeugnis für die Stärke dieses Sturmes bieten die Nachrichten über den Transport von Salzwasserstaub weit ins Land hinein. Eine grosse Anzahl solcher Angaben aus England sind in Symons' »Monthly Meteorological Magazine« vom Januar 1895 gesammelt. Danach wurde am 23. Dezember bis nach Birmingham, Burton, Wakefield und Masham hin, also bis in Entfernungen von 88 bis 105 *km* vom nächsten Punkte der Westküste, an vielen Orten auf allen Gegenständen im Freien eine stark salzhaltige Flüssigkeit gefunden, deren chemische Zusammensetzung ungefähr der des Seewassers entsprach.

Noch merkwürdiger ist die folgende Mitteilung, welche die Seewarte von Prof. Dr. O. Mügge in Münster erhalten hat, da die nächste Küste — jene der Zuyder Zee — nicht weniger als 135 *km* von Münster entfernt ist:

»Nach dem heftigen Sturme von 22. Dezember abends fand ich am Morgen des 23. an meinen (zwei Treppen hoch frei nach Westen gelegenen) Fensterscheiben, die am 22. morgens frisch geputzt waren, eine weissliche Masse, offenbar, nach der Art der An-

häufung, Rückstand der Tropfen des letzten Regenschauers der Nacht. Sie bestand nach näherer Untersuchung aus würfeligen Krystallen und schmeckte salzig. Von etwa 1.7 *qm* Fensterfläche ist das Salz dann mit Löschpapier (rein, für chemische Zwecke), befeuchtet mit destilliertem Wasser, heruntergewischt, das Papier dann ausgelaugt u. s. w. Es sind so ca. $^1/_2$ *g* des Salzes gewonnen; dies enthält nach qualitativer Untersuchung Na, Cl (beide viel), Ca, Mg, SO_4 (alle wenig) und etwas organische Substanz. Die eingetrocknete Lösung lässt deutliche Krystalle von NaCl (viel), Gips, Bittersalz und unbestimmbare, sehr feine Kryställchen (Chlormagnesium?) erkennen.

Nach weiteren Beobachtungen und Erkundigungen hat sich ein äusserlich ganz ähnlicher »Schmutz« auf den Fenstern auch gezeigt an den Häusern der ganzen Nachbarschaft, ferner u. a. 300 und 800 *m* südlich an der Wohnung von Prof. Ketteler und an unserem Institute, anscheinend auch $1^1/_2$ *km* nordöstlich. Weiteres habe ich bisher nicht erfahren können, die Tagesblätter haben hier keine Notiz darüber gebracht.«

Weit mehr Ausserordentliches noch als die Windstärken boten an der deutschen Nordseeküste die Wasserstände in diesem Sturme. Es ist ein Zeugnis für die ungeheuere Gewalt, die der Sturm am 22. auf der offenen Nordsee besass, dass, trotzdem er zur Zeit der tauben Tiden eintrat und nur kurze Zeit aus der gefährlichsten Richtung von W und NW blies, er doch schon an der holländischen Küste, ungeachtet des geringen Seeraumes, einen gewaltigen Aufstau der See gegen die Küsten veranlasste, so dass an den meisten Orten die Flut die höchste bekannte in diesem Jahrhunderte wurde, höher noch als die berühmten Fluten vom Februar 1825, Neujahr 1855, Januar 1877, Dezember 1883 und auch als jene vom Februar 1889. Dabei wirkte diesmal der Abfluss der Ströme nur wenig mit; an den ganz frei oder in den breiten Seegatten gelegenen Punkten erreichte deshalb die Aufstauung diesmal viel ausserordentlichere Grösse als an den weiter binnenwärts gelegenen. Am Hoek van Holland z. B. waren die höchsten seit 1866 gemessenen Pegelstände über Amsterdamer Null bisher 315 *cm* im Januar 1877 und 300 *cm* im Februar 1889; diesmal aber stieg das Wasser bis 352 *cm*. Dagegen war in Dordrecht und Gorinchem der Wasserstand diesmal um bezw. 1 und 18 *cm* niedriger als 1889, und auch in Rotterdam war er nur um 16 *cm* höher als damals. Aus denselben Gründen bot diese Sturmflut auf Helgoland mehr Ausserordentliches als auf den häufiger heimgesuchten Plätzen an der Elbe. Dass die Verschiebung der Wassermassen auf offenem Meere eine kolossale und die ganze südöstliche Nordsee überfüllt war, zeigen die Nachrichten von Helgoland, wonach der Wasserstand dort seit 1829 nicht so hoch gewesen ist und um 12 *cm* höher war als bei den Sturmfluten von 1855 und 1881, sowie um volle 80 *cm* höher als bei jener vom Februar 1894.

Eine so starke Überfüllung lässt sich nicht durch die Windwirkung am Orte selbst, sondern nur durch die gewaltige Stärke erklären, die der Nordweststurm in der vorausgegangenen Nacht weiter draussen in der offenen Nordsee gehabt hatte.

Der Föhn in Innsbruck. Auf Grund der Beobachtungen von 1870 bis 1894 gelangte Prof. Pernter zu folgenden Ergebnissen [1]: Drückt man die Häufigkeit des Föhn durch die Anzahl der Tage aus, an welchen der Föhn wehte, so entfallen im Durchschnitte der 25 Jahre je 43 Föhntage auf das Jahr, d. h. also, Innsbruck hat während der zwölf Monate des Jahres etwa anderthalb Monate Föhn. Am häufigsten ist der Föhn in den Frühlingsmonaten (fünf bis sechs Tage im Monate), diesen folgen Oktober und November mit vier bis fünf Föhntagen, die Wintermonate weisen durchschnittlich drei Föhntage auf, und in den Sommermonaten, denen sich auch der September anschliesst, stellt sich der Föhn monatlich nur an ein bis zwei Tagen ein. Die Dauer des Föhn beträgt bald nur einen, bald mehrere Tage; die längste Periode war acht Tage. Am häufigsten sind die kürzesten Perioden von ein oder zwei Tagen Dauer, je länger die Periode, desto seltener kommt sie vor. Die längeren Perioden stellen sich fast nur in den Frühlingsmonaten ein. Das Verhalten des Luftdruckes bei Föhn zeigt im Durchschnitte ein Fallen des Barometers vor Föhn und meist auch noch anfänglich während des Föhn; der Luftdruck erreicht den niedrigsten Stand bei Föhn und fängt während desselben auch meist schon an zu steigen, um nach Föhn ziemlich rasch und stark sich zu erheben. Die Temperatur wird bei Föhn durchweg und meist sehr beträchtlich erhöht. Im Durchschnitte aller Föhntage ist die Temperatur der letzteren gegenüber dem Jahresmittel aus den 25 Jahren um 2.9° C. zu hoch. Nach der normalen Temperatur aber, welche Innsbruck ohne Föhn zukäme, haben die Föhntage eine um 5.0° C. zu hohe Temperatur. In den Wintermonaten ist diese Erhöhung durchschnittlich sogar mehr als 8° C. Die Erhöhung der Mitteltemperatur von Innsbruck durch den Einfluss des Föhn beträgt im Jahresmittel 0.6° C., mit Ausschluss der warmen Monate sogar 0.8° C., ersteres entspräche einer Erniedrigung der Seehöhe von Innsbruck um 120 *m* oder einer Verschiebung seiner Lage nach Süden um 100 *km*, der Einfluss ist also ganz bedeutend. Die Feuchtigkeit wird bei Föhn sehr stark herabgedrückt; am stärksten ist diese Herabdrückung am Abende, ziemlich schwach des Morgens, der Föhn ist ein sehr trockener Wind. Die Bewölkung ist bei Föhn im Durchschnitte unter dem allgemeinen Mittel, nämlich 4.9; sie bleibt während des Föhn ziemlich konstant und verwischt gänzlich den normalen täglichen Gang derselben. Vor Föhn nimmt die Bewölkung ziemlich rasch und beträchtlich ab,

[1]) Anz. der k. k. Akad. d. Wissensch. 1895. Nr. 13.

nach Föhn sehr rasch und stark zu, und sehr häufig treten dann — oft recht ergiebige — Niederschläge ein. Diese Niederschläge folgen stets dem Föhne nach, sie fallen niemals während des Föhn. Dennoch sind sie aber keine notwendige Folge des Föhn, da in 25 % aller Fälle überhaupt keine Niederschläge nach Föhn eintraten. Am häufigsten fehlen die Niederschläge nach Föhn im Januar und in den Wintermonaten, im Juli gab es in den letzten 25 Jahren keinen Föhn, dem nicht Regen gefolgt wäre. Der Föhn tritt in Innsbruck sowohl als SW, als S, wie auch als SO auf. Er weht immer mit kürzeren oder längeren Unterbrechungen und stossweise, wie man zu sagen pflegt »herrisch«. Seine Stärke ist sehr verschieden; er tritt eben sowohl als starker Sturm, wie als schwacher Wind auf.

Staubstürme im südlichen Russland.[1]) Der Süden Russlands ist sehr oft von Staubstürmen heimgesucht, welche die oberen Schichten des Erdbodens gänzlich wegtragen und eine wahre Landplage für die betreffenden Gegenden sind. Solche Wirbelstürme wurden besonders im April und August 1892 und im Januar und April 1893 beobachtet. Das Staubtreiben im April 1893 zeichnete sich durch eine ganz besondere Heftigkeit aus, und dank dem ziemlich dichten meteorologischen Netze im südlichen Russland, das A. Klossovsky daselbst errichtet hat, war es möglich, zahlreiche und interessante Beobachtungen über diese Erscheinungen zu machen und ihre Entstehung, sowie verschiedene Eigentümlichkeiten zu studieren. Man hat auch gleichzeitig sowohl eine mikroskopische, als auch chemische Analyse dieses Staubes, welcher den ganzen Westen Russlands wie in einen dichten, trockenen Nebel hüllte, vorgenommen. Im Laufe dieser Periode erneuerten sich die Sandwirbel dreimal; der zweite Windstoss vom 29. und 30. April war am heftigsten. Diese Windstösse entstehen an der Küste des Azow'schen Meeres; sie sind von sehr starken Ostwinden und einer ganz charakteristischen Luftdruckverteilung begleitet: Im Osten von Russland ein Gebiet hohen Druckes, im Süden, in der Gegend des Schwarzen Meeres, eine Depression, welche langsam vorwärtsschreitet. Die Staubwirbel herrschen dann in dem Gebiete an der Grenze des hohen und des niedrigen Druckes. Eine ähnliche Verteilung des Luftdruckes im Winter verursacht gewöhnlich die Stürme auf dem Schwarzen Meere und die Schneeverwehungen auf den Eisenbahnlinien des südwestlichen Russland.

Mehr als 300 sehr eingehende Beschreibungen sind Klossovsky von Beobachtern zugekommen. »Ein trockener und intensiver Ostwind,« lautet eine dieser Beschreibungen, »reisst den Boden auf und wirbelt Massen von Sand und Staub auf; der Sturm heult und braust und stürzt in seiner unglaublichen Heftigkeit alles um, was sich seinem Laufe entgegenstellt. Die Saaten, die durch die Berührung mit der Luft schon gelb geworden, wurden an der Wurzel

---

[1]) Gaea 1895. p. 694.

wie mit der Sichel abgeschnitten oder selbst die Wurzel mit aus der Erde herausgerissen. Bis zu 18 *cm* Tiefe wurde die Erde weggefegt; die grünen und fruchtbaren Felder waren in eine Wüste verwandelt worden.« Jedesmal bleibt ein etwa 4—5 *km* breiter Erdstrich längs der Küste des Azow'schen Meeres unversehrt, aber je weiter man sich von der Küste entfernt, umso trauriger werden die Verwüstungen. Riesige Staub- und Erdhaufen sind hier und dort aufgeworfen, besonders in den ebenen und weniger exponierten Lagen. Dies war der Charakter der Stürme im Gebiete des Dnjepr, an der Küste des Azow'schen Meeres, im Gouvernement von Jekaterinoslav und zum Teile von Pultawa; weiter im Nordwesten verloren sie ihre charakteristische Eigentümlichkeit, den Erdboden aufzureissen und damit in feinster Staubform die Luft zu imprägnieren; schliesslich waren es nur mehr leichte Staubnebel, welche das ganze westliche Russland gegen Anfang Mai vom 1.— 3. umhüllten. Bis nach St. Petersburg, Finland, Schweden und Dänemark zogen sich dieselben hin.

Eine aufmerksame Untersuchung der Bedingungen dieser Orkane liess deutlich eine gewisse tägliche Periode erkennen. Der Staubnebel erschien gewöhnlich am östlichen Horizonte früh morgens, er erreichte gegen 1 oder 2 Uhr nachmittags seine grösste Intensität und zerstreute sich gegen Abend. Die im Jahre 1893 beobachteten erschienen im Mittel um 7 Uhr 40 Minuten morgens, um 2 Uhr nachmittags erreichten sie ihren Kulminationspunkt und verschwanden um 7 Uhr 10 Minuten abends. An manchen Orten blieb die Erscheinung bis in die Nacht hinein.

Nach einem Beobachter hätte man es bei dem Orkane mit einer Reihe von Wirbelstürmen zu thun, welche in parallelen Gruppen dahinziehen. Dass thatsächlich eine Wirbelbewegung vorhanden war, wird auch von anderen Beobachtern bestätigt und geht auch aus der Thatsache hervor, dass z. B. in dem Distrikte von Melitopol ein Gebiet ganz und gar verwüstet wurde, während ein anderes in der Nähe unversehrt blieb. Nach Barybine in Pultawa liess sich die Bildung von grossen, kegelförmigen Wirbeln besonders längs der Landstrassen im Monate April bemerken, oft bei absoluter Windstille. Sobald sich aber der Wind erhob, liess dieser die Wirbel aufleben und zu riesigen Dimensionen anwachsen.

Der Khamsin im Golfe von Tadjura wurde von L. Cotigny geschildert[1]). Der Eintritt dieses Windes wird gewöhnlich durch Sandhosen angezeigt, welche sich mehr oder weniger schnell von West nach Ost längs dem Rande der Hochebenen bei Obok bewegen. Dann bricht er plötzlich und zuweilen sehr heftig los.

Der Wind ist trocken, glühend heiss und mit Sand beladen. Sobald der Khamsin eintritt, steigt das Thermometer mit äusserster

---

[1]) Revue maritime et colon. 1894. p. 255. Annalen der Hydrographie 1895. p. 311.

Geschwindigkeit auf 38°, 40° und selbst 45° an Land und bis zu 42° an Bord. Schon von 37° an wird die Temperatur höchst drückend; man glaubt, Feuer zu atmen. Anderseits bleibt die Haut frisch, weil jede Spur von Schweiss abdunstet. Der Unterschied zwischen dem trockenen und feuchten Thermometer steigt in der That von 4° bis 7°, wie er gewöhnlich in Obok ist, auf 10° bis 14° und zuweilen sogar auf 15° oder 16°. Dauert der Khamsin bis in die Nacht hinein, so ist natürlich an Schlaf nicht zu denken. Von dieser Plage, unter der nicht nur Obok selbst leidet, sondern auch auf den dort nur für wenige Stunden anlegenden Schiffen Hitzschläge vorkommen, ist das gegenüber am südlichen Ufer der Bai gelegene Djibuti frei. Die Nord- bis Nordwestwinde, welche in Obok diese extremen Hitzegrade bringen, kommen nach Djibuti übers Meer, und ihre Temperatur ist dort weit erträglicher.

Prof. Köppen bemerkt zu diesem Berichte: »Das stossweise Wehen, der plötzliche Eintritt und die Richtung dieses heissen Windes vom Gebirge her macht es wahrscheinlich, dass wir im Khamsin zu Obok einen lokalen Föhn zu sehen haben. Seine ausserordentliche Trockenheit stimmt zu dieser Annahme, wenn auch die Nähe von Wüsten hier die Trockenheit weniger auffallend macht, als in der Schweiz. Leider ist über die Umgebung und das Hinterland von Obok nicht genug bekannt, um die Entstehung eines solchen Fallwindes genauer erörtern zu können. Südwestlich von Obok bis Ras Duan tritt das dicht bewaldete Gebirge dicht an die Küste heran, nordöstlich davon liegt dagegen ein flaches Vorland zwischen ihm und dem Meere. Diese Berge können indessen, der Br. Administrationskarte Nr. 253 nach zu urteilen, kaum über 300 bis 400 *m* hoch sein; die Luft im Khamsin kann also nicht von ihrem Kamme, sondern muss aus grösserer Höhe stammen. Eine ähnliche plötzliche Temperatursteigerung, wie sie uns diese Diagramme vorführen, finden wir in Baron Nolde's Reise nach Innerarabien aus der Wüste Nefud, auf dem Wege zwischen Djof und Hail, erwähnt; nur sank in diesem Falle die Temperatur fünf Stunden später mindestens ebenso plötzlich herab, während in den von Obok mitgeteilten Beispielen die Abnahme eine viel allmählichere war.«

Orkane an den Küsten von Puerto-Rico. Der Marinekommandant von Puerto-Rico hat eine Publikation über die Wahrzeichen beim Herannahen eines Orkanes erlassen, sowie über die Warnungssignale, die in den Häfen der Insel gezeigt werden, wenn die Annäherung eines dieser Wirbelstürme zu befürchten ist, die besonders auf dieser Insel oft von verheerenden Folgen begleitet sind. Die Publikation ist auf Beobachtungen gegründet, die einen Zeitraum von 300 Jahren umfassen und von der Marinekommandantur

[1]) Hansa 1895. p. 463.

gesammelt sind. Von den Orkanen, welche während dieser Zeit beobachtet und in den Annalen der Marinekommandantur beschrieben worden sind, entfallen 42 auf den Monat Juli, 96 auf August, 80 auf September und 69 auf Oktober.

Erste Anzeichen. Barometer höher als gewöhnlich, frischer und trockener Wind, äusserst klare Luft, Dünung aus der Richtung des herannahenden Sturmes. Bewölkung: Cirruswolken radial von einem Punkte des Horizontes ausgehend, indem ein weisser Bogen die Achse des Sturmes kennzeichnet.

Sichere Zeichen. Das Barometer, dessen mittlere Höhe 764 bis 765 *mm* beträgt, fällt auf ca. 760 *mm* mit weiterer Tendenz zum Fallen. Während das Quecksilber sonst durchschnittlich nur 1 bis 2 *mm* per Stunde fällt, ist die Abnahme des Luftdruckes jetzt eine viel raschere. Die Cirruswolken steigen bis zum Zenith, Ringe um die Sonne oder den Mond sind bemerkbar, die See wird hoch, und ein ungewohntes Steigen des Wassers macht sich in den Häfen bemerkbar. Die Luft ist schwül, drückend und feucht. Beim Untergehen der Sonne zeigt die Luft rötliche und ins Weisse spielende Färbung. Der von ferne herannahende Sturm hat das Ansehen einer gewaltigen Gebirgsmasse, die vom Horizonte ausgeht; das Barometer fällt rascher. Bei einer Abnahme des Druckes um 0.5 *mm* per Stunde ist das Zentrum etwa 300 Meilen entfernt, bei 1—2 *mm* Fall in der Stunde 150 Meilen, bei 2—3 *mm* in der Stunde 75 Meilen. Der Sturm setzt mit auffrischendem Winde, Böen und Staubregen ein.

Umfang und Bewegungsgeschwindigkeit des Orkans. Der Durchmesser der vom Sturme hervorgerufenen Wolkensäule beträgt durchschnittlich 500 Meilen, der des eigentlichen Orkangebietes 300 Meilen oder noch weniger. Die Fortbewegung des Phänomens beträgt durchschnittlich 17 Meilen per Stunde[1]).

Zur Entwickelungsgeschichte der Cyklonen in subtropischen Breiten macht E. Knipping einige Bemerkungen[2]). »Die Ansicht,« sagt er, »dass sich Cyklonen zunächst in der Höhe bilden, rührt ursprünglich wohl daher, dass man oft genug Wind- und Wasserhosen zuerst in der Höhe entstehen sieht. Es lag darum nahe, diese Beobachtung von Windhosen und ähnlichen Gebilden auf Cyklonen zu übertragen, obwohl man sich bei einiger Überlegung sagen musste, dass beide Arten von Erscheinungen trotz einiger Ähnlichkeit doch im Grunde genommen himmelweit voneinander verschieden sind. Hier haben wir eine dünne Scheibe oder Kalotte mit sehr grossem Durchmesser, nicht unter 100 bis 200 Sm., dort einen Schlauch mit ganz kleinem Durchmesser, selten über $^1/_{10}$ Sm.; die Scheibe liegt, der Schlauch steht auf der Erdoberfläche. Ein stufen-

---

1) Hansa 1893. p. 364.
2) Annalen der Hydrographie 1895. p. 340 u. ff.

weiser Übergang zwischen den beiden Formen fehlt, und wenn man auch eine Windhose mit dem Hundertfachen des gewöhnlichen Durchmessers beobachtete, wäre sie doch noch weit entfernt von dem Masse der kleinsten Cyklone.«

Nachdem jetzt $4\frac{1}{2}$jährige tägliche Beobachtungen von Naha vorliegen, benutzt Knipping diese, um auch für ein subtropisches Gebiet die Entwickelung von Cyklonen aus flachen Depressionen an der Erdoberfläche (Meeresoberfläche) nachzuweisen.

Naha, auf der grössten der Liukiu-Inseln, Okinawa der Japaner, liegt in 26° nördl. Br., 128° östl. L. Neun Monate im Jahre herrschen Nordostwinde vor, in den drei Sommermonaten Südwinde. Da das ostasiatische Monsungebiet bis über 50° nördl. Br. hinaufreicht, liegt Naha so ziemlich in seiner Mitte, ebenso weit von Formosa entfernt, wie von den grossen japanischen Inseln, etwas weiter noch vom nächsten Festlande, der chinesischen Küste. Die japanische Strömung geht dicht an den Liukiu-Inseln vorbei.

Es ergiebt sich, dass Taifune sich sehr häufig über dem Meere in unmittelbarer Nähe von Südjapan, aber nie über diesem entwickeln. Die Antwort, warum dies der Fall sei, kann nur lauten: Grössere zusammenhängende Landmassen, besonders wenn sie gebirgig sind, verhindern die Entwickelung, indem sie die ungehinderte spiralige Luftbewegung an der Erdoberfläche unmöglich machen. Kleinere, rings vom Meere umgebene Inseln verhalten sich ganz anders wie grössere Landmassen. Hat sich ein ausgedehntes Tiefdruckgebiet über dem Meere gebildet, so wird sich der Kern, die zukünftige Mitte des werdenden Taifuns, am leichtesten dort bilden, wo der aufsteigende Strom am stärksten ist, und bei dem bekannten Unterschiede der Wirkung der Sonnenstrahlung auf Land und Wasser werden kleinere Inseln, worüber der aufsteigende Strom bei Tage viel kräftiger sein muss als über dem Meere, sehr häufig solche Kerne abgeben. Nötig sind solche Inseln nicht, aber wohl günstig. Die Liukiu-Inseln spielen so bei den Taifunen oft dieselbe Rolle, wie die Andamanen bei den Cyklonen im Bengalischen Meerbusen, die Samoa-Inseln, Neuhebriden u. s. w. bei den Orkanen der Südsee es wahrscheinlich thun.

»Wenn sich,« sagt Knipping, »Taifune zuerst in den höheren Schichten entwickelten, bliebe der Einfluss, den die topographischen Verhältnisse unzweifelhaft in den japanischen Meeren ausüben, unverständlich. Wie gross er ist, zeigte sich besonders im Jahre 1886, wo nicht weniger als vier Taifune innerhalb einiger Wochen über ein und denselben Ort in See, 32° nördl. Br., 132° östl. L., hinweggingen. Da auch die Höhe der Taifune nicht beträchtlich sein kann — es folgt dies aus ihrem schnellen Zerfalle über den Gebirgen Japans, deren Höhe man rund zu 2000 *m* annehmen kann —, so bleibt nichts anderes übrig, als die Ansicht von der Entstehung der Cyklonen in der Höhe auch für die subtropischen Gebiete und damit für alle Teile der Erdoberfläche endgültig fallen zu lassen

Für die Praxis ergeben sich aus diesen Beobachtungen und der Thatsache, dass es sich nur um Bewegungen zwischen West über Nord bis Ost handelt, folgende Punkte: Innerhalb des grossen Bogens, den die japanische Strömung beschreibt, wächst die Wahrscheinlichkeit, einen ausgebildeten Taifun anzutreffen, mit der Annäherung an diesen Bogen in den Monaten Juli bis Oktober. Ein tiefer Barometerstand oder langsamer Fall bei Naha deuten die Entwickelung an, eine Schwelle bei tiefem Stande oder langsamem Falle gewöhnlich den Abmarsch eines geschlossenen Teiles des grossen Minimums. Der Schluss der ganzen Periode, die meist zwei Minima umfasst, findet erst bei schnellem Steigen statt.«

Das Sturmwarnungswesen an der deutschen Küste und Vorschläge zur Verbesserung desselben sind von Prof. van Bebber besprochen worden[1]. Bekanntlich herrscht über den Nutzen der staatlichen Sturmwarnungen keine Übereinstimmung der Ansichten. Während von untergeordneter und vielfach nicht unabhängiger Seite das häufige Eintreffen angesagter Stürme rühmend hervorgehoben wird, behaupten seemännische Fachleute, wie Admiral Knorr, Korvettenkapitän Schloepke und andere, dass ein Fall von schwerem Sturme, der von der Sternwarte in Hamburg angemeldet wurde, bevor ihn jeder Wetterkundige voraussah, ihnen nicht bekannt sei, und dass sich gegen diese Sturmwarnungen ein berechtigtes Misstrauen geltend mache u. s. w.[2]. Prof. van Bebber sagt: »An der Seewarte waren in neuester Zeit zahlreiche Bestrebungen dahingerichtet, bei der Prüfung der Wetterprognosen jede Willkür zu entfernen und so eine rationelle Methode zu schaffen, aber auch hier zeigten sich nicht zu entfernende Schwierigkeiten, und die Endergebnisse brachten den wahren Wert der Wettervorhersagungen nicht zum richtigen Ausdrucke; dabei waren die Ergebnisse ganz andere als in der früheren Zeit. Im grossen ganzen ergiebt sich das Resultat, dass Wetterprognosen, welche auf Mondeinfluss u. dergl. begründet sind, die grössten, ja »verblüffende« Erfolge aufweisen, dass diejenigen von Wetterkundigen mit mangelhafter Information durchschnittlich etwa 90 % Treffer erzielen, und endlich, dass die von den mit allen Hilfsmitteln ausgestatteten Instituten bedeutend zurückbleiben. Unter diesen Umständen hielt es denn die Seewarte für richtig, von der Veröffentlichung der Prüfungsresultate bis auf weiteres abzusehen.«

Dies zeigt, dass es mit dem wirklichen Erfolge der Sturmwarnungen nicht weit her ist. Prof. van Bebber macht nun sechs Vorschläge, »um das Sturmwarnungswesen an unserer Küste hervorragend zu fördern«, nämlich:

1. Ausdehnung des wettertelegraphischen Netzes nach Westen hin (auf den Atlantischen Ozean hinaus).

---

[1]) Annalen der Hydrographie 1895. p. 334.
[2]) Das Wetter 1891. p. 230 u. ff.

2. Beschleunigung des Depeschenverkehrs (Einführung des Circuit-Systems).

3. Häufigere Informationen (Telemeteorographie).

4. Depeschenaustausch zwischen benachbarten Signalstellen.

5. Anbahnung eines besseren Verständnisses der Grundlehren der praktischen Witterungskunde beim Publikum.

6. Herausgabe eines Wetter- oder Sturmatlas und telegraphische Mitteilung analoger Fälle an das Publikum.

Zu Gunsten von Nr. 1 bemerkt er: »Es ist keinem Zweifel unterworfen, dass die Durchführung des Hoffmeier'schen Projektes, durch telegraphische Verbindung der meteorologischen Stationen der Faröer, Islands und Südgrönlands, sowie anderseits der Azoren und Bermuden mit dem Festlande den Wetterdienst westwärts auf den Atlantischen Ozean zu erweitern, die Erfolge der ausübenden Witterungskunde erheblich erhöhen und sowohl für die Sicherung der Seefahrt als für die Interessen des Binnenlandes von grosser Tragweite sein würde. Dieses System würde umso wirksamer sein, wenn sich daran ein wettertelegraphischer Dienst auf dem östlichen Teile des Nordatlantischen Ozeans, ähnlich wie er in den Vereinigten Staaten für den westlichen Teil dieses Ozeans eingerichtet ist, in der Weise anschlösse, dass die an den europäischen Küsten ankommenden Dampfer, insbesondere die Schnelldampfer, welche den Wirbelstürmen des Ozeans wohl in den meisten Fällen vorauseilen, sofort Wettertelegramme an die Zentralstellen Westeuropas abschickten. Die Vereinigung dieser Telegramme mit denen vom westlichen Teile des Nordatlantischen Ozeans würde uns in Stand setzen, einen wenigstens angenähert richtigen Überblick über den Witterungsverlauf auf dem Ozeane uns zu verschaffen. Bei dieser Einrichtung würden wir nach und nach dahin kommen, den vorherrschenden Witterungscharakter auf mehrere Tage voraus anzugeben, wodurch der Wert der Wettervorhersage in hohem Grade gefördert würde. Ich erinnere hier nur an eine Wetterlage, welche namentlich in unseren Sommern häufig vorkommt, und welche oft wochen-, ja monatelang den Witterungscharakter unserer Gegenden bestimmt. Sehr oft schiebt sich in dieser Jahreszeit ein Hochdruckgebiet vom Ozeane nach den Britischen Inseln vor und erlangt dort eine ungewöhnlich grosse Beständigkeit, während der Luftdruck im Osten verhältnismässig niedrig ist. Dieser Wetterlage sind westliche und nordwestliche Winde eigentümlich, welche vermöge ihres Ursprunges nasskühles Wetter bringen. Verschiebt sich jenes Hochdruckgebiet weiter nach Osten hin über Zentraleuropa, dann ist, abgesehen von Gewittererscheinungen, ruhige, heitere, trockene und warme Witterung entschieden die Regel. Solche, durch ihre Beständigkeit sich auszeichnenden Perioden mit nasskühler oder trockener und heisser Witterung könnten bei zweckmässiger Einrichtung des wettertelegraphischen Systemes jedenfalls mit Erfolg vorhergesagt werden.«

Ob dies der Fall, muss ernstlich bezweifelt werden. Gerade die grossen Umgestaltungen der Wetterlage sind meist so plötzlich, dass sie erst dann von den meteorologischen Instrumenten angezeigt werden, wenn sie wirklich da sind, während umgekehrt über die Dauer eines Hochdruckgebietes sich aus noch so zahlreichen und ausgedehnten telegraphischen Ansichten nichts Sicheres schliessen lässt. Die van Bebber'sche Behauptung ist eine unbewiesene, und ihre Haltlosigkeit lässt sich aus den synoptischen Tageskarten des Nordatlantischen Ozeans evident beweisen. In diesen hat man das denkbar vollständigste Material vor sich, versucht man aber, aus demselben für den nächsten Tag oder gar für zwei Tage eine Prognose in dem Sinne van Bebber's abzuleiten, so wird man sich leicht überzeugen, dass man meist irrt. Der Vorschlag Nr. 4 wird von van Bebber so begründet:

»Es kommt nicht selten vor, dass unvermutete Störungen ganze Küstenstrecken überraschen, ohne dass es möglich ist, diese vor der drohenden Gefahr noch rechtzeitig zu warnen. Um nun die Küste vor solchen unvermuteten Überraschungen wenigstens zum grossen Teile zu schützen, dürfte die folgende Einrichtung dienen. — Der Küstenbevölkerung ist es von grösster Wichtigkeit, zu wissen, wie die Windverhältnisse in der nächsten Umgebung beschaffen sind, um hiernach ihre Dispositionen für ihre Unternehmungen zu treffen. Eine solche Information kann ganz einfach in der Weise bewerkstelligt werden, dass ein Depeschenaustausch zwischen den einzelnen benachbarten Signalstellen stattfindet, und zwar regelmässig zu bestimmten Tagesstunden und bei besonderen Gelegenheiten, etwa bei stark auffrischenden Winden oder bei Eintritt steifer oder stürmischer Winde, bei Änderung der Richtung und des Charakters der Winde und dergleichen. Im letzteren Falle würden Flaggensignale am Platze sein. . .

Denken wir uns beispielsweise, Travemünde erhält von Fehmarn und Warnemünde täglich zwei Wetterdepeschen, eine am Morgen und eine in den Nachmittagsstunden, eventuell auch noch eine am Abende und ausserdem noch Extradepeschen, wenn die Witterungsverhältnisse einen drohenden Charakter annehmen, wobei Travemünde dieselben Leistungen für Fehmarn und Warnemünde, welche beide in derselben Weise wieder mit Nachbarstationen verbunden sind, übernehmen würde. Auf diese Weise dürfte bei zweckmässigster Einrichtung eine Überraschung durch Sturm äusserst selten sein.«

Dass damit die Zentralisierung des »Sturmwarnungswesens« erheblich gelockert ist, bedarf keines Wortes, aber der Vorschlag ist gut, weil eben das bisherige Prinzip weder genügt, noch Aussicht auf baldige bessere Resultate verheisst. Wie naiv das System der Sturmwarnungen bis jetzt ist, erhellt aus den Erläuterungen zu Nr. 6, in denen Prof. van Bebber sagt: »Durchblättern und vergleichen

wir miteinander die täglichen Wetterkarten irgend eines längeren Zeitraumes, so finden wir eine solche Mannigfaltigkeit in den Wetterlagen und in den Witterungsvorgängen, dass unter vielen Tausend Wetterkarten nicht eine der anderen vollkommen gleicht; indessen lassen sich gewisse typische Wetterlagen unterscheiden, welche mit geringen Modifikationen häufig wiederkehren, und welche ganz bestimmte Witterungscharaktere darstellen, so dass es möglich ist, alle Wetterkarten nach bestimmten Gesichtspunkten in ein festes System einzuordnen, wobei auch die Umwandlung der einen Wetterlage in die andere berücksichtigt wird. Eine solche systematische Sammlung von Wetterkarten (Wetteratlas) würde für den praktischen Gebrauch von grossem Nutzen sein können; man braucht nur für die jeweilige Wetterkarte die analoge im Atlas aufzusuchen, hiermit die vorhergehende und nachfolgende zu vergleichen, und man erhält dann sofort Anhaltspunkte für die Beurteilung des demnächst zu erwartenden Wetters.

Durch solcherlei Vergleichungen, sowie durch Hinzuziehung von Lokalbeobachtungen in bezug auf die Änderungen des Luftdruckes und des Windes, die Himmelsansicht u. dergl., könnte beurteilt werden, ob sich die Wetterlage in derselben Weise umwandelt, wie es im Atlas angegeben ist, oder aber ob die Änderungen in anderer Weise erfolgen, namentlich in bezug auf die Depressionen oder die Ausbildung und das Verhalten der Teilminima und dergl. Nach und nach würde man im Gebrauche eines solchen Atlanten sich eine solche Übung in der Beurteilung des Witterungsverlaufes verschaffen, dass die Anwendung auf die Wettervorhersage, insbesondere aber auf das Sturmwarnungswesen mit Erfolg gemacht werden könnte.

Die Wetterkarten der Seewarte kommen erst mit grosser Verspätung zu Händen der Interessenten, ausser Hamburg überall frühestens am Morgen des der Ausgabe folgenden Tages, teilweise am zweiten Tage nach der Ausgabe. Es würde sich nun empfehlen, jede Wetterkarte mit einer Nummer zu versehen, welche mit der Nummer der analogen Karte im Wetteratlas (auch die Karten dieses Atlanten müssten numeriert sein) übereinstimmte; diese Nummer könnte nun spätestens um die Mittagszeit telegraphisch nach auswärts mitgeteilt werden, und so würde schon um diese Zeit die Wetterlage, wie sie vor wenigen Stunden statt hatte, allgemein bekannt sein, und jeder wäre in der Lage, ein gegründetes Urteil über den wahrscheinlichen Verlauf der jeweiligen Witterung abzugeben. Diese Einrichtung würde nicht allein praktisch von grossem Nutzen sein, sondern auch eine erziehende Wirkung auf das grosse Publikum haben.«

An diese erziehende Wirkung wird wohl ausser Prof. van Bebber kaum jemand im Ernste glauben.

19. Elektrische Erscheinungen der Erdatmosphäre.

Untersuchungen über die elektrischen Erdströme in Bulgarien[1]. In den Jahren 1893 und 1894 hat Bachmetjew ausgedehnte Beobachtungsreihen über die Erdströme in Bulgarien ausgeführt, zu denen er sich als Elektroden poröser, mit Zinksulfatlösung gefüllter Thonzellen (nach Brander) bediente, in welche amalgamierte Zinkplatten tauchten. Diese Elektroden waren frei von Polarisation und von allen sonstigen störenden Einwirkungen; sie wurden in Entfernungen von 50 bis 150 *m* an den Beobachtungsorten vergraben, so dass sie von allen Seiten mit einer dicken Schicht reinen Sandes umgeben waren. Durch isolierte Drähte wurden sie mit einem Kommutator und einem Wiedemann'schen Galvanometer verbunden. Die Elektroden waren in einem Quadranten so angeordnet, dass eine im Zentrum, die anderen sechs bis acht auf der Peripherie des Quadranten verteilt waren; jede halbe Stunde wurde die zentrale Elektrode nacheinander mit allen peripheren verbunden und die Intensität wie Richtung des Stromes notiert. Die Beobachtungen sind an acht verschiedenen Punkten (an vier gleichzeitig) ausgeführt und ergaben folgende Hauptresultate:

Der Erdstrom fliesst in Bulgarien im allgemeinen von SW nach NO und bildet mit dem magnetischen Meridiane verschiedene Winkel in verschiedenen Gegenden. So z. B. bildete derselbe im September 1894 in Sofia einen Winkel von etwa 0°, in Petrochan (60 *km* nördlich von Sofia) etwa 70°, in Lom-Palanka (160 *km* von Sofia) von etwa 45° und in Rustschuk (350 *km* von Sofia) etwa 70°. Diese Winkel sind aber für denselben Ort nicht konstant, sie ändern sich periodisch innerhalb 24 Stunden. Bei Sofia trat das Minimum um 1^{h} nachmittags und das Maximum um etwa 5^{h} abends (Ortszeit) ein.

Ausser diesen täglichen Änderungen des Winkels existieren auch Variationen von längerer Periode, wobei sich die Richtung des Stromes allmählich dem magnetischen Meridiane nähert oder von ihm entfernt. Im August 1894 z. B. änderte sich die Richtung innerhalb weniger Tage an einer Station von 45° auf 22°. Die Ursache dieser Änderung der Richtung für einen und denselben Ort lässt sich, wie Verf. vermutet, durch die Feuchtigkeit des Bodens erklären, und zwar nähert sich die Richtung des Erdstromes um so mehr dem magnetischen Meridiane, je trockener der Boden ist.

Der Erdstrom zeigt im allgemeinen eine periodische Variation, indem er morgens ein Minimum erreicht und abends ein Maximum. Die Potentialdifferenz bei einem Abstande der Elektroden von 50 *m*

---

[1]) Nachr. d. Göttinger Ges. d. Wissenschaften 1894. p. 324. Durch Naturwissensch. Rundschau 1895. p. 241.

war in Sofia, Lom-Palanka und Rustschuk im Maximum etwa 0.01 V., während sie zu Petrohan fünfmal grösser war.

In den gebirgigen Gegenden fliesst der Erdstrom von unten nach oben, was mit den Beobachtungen von Brander am St. Gotthard und von Palmieri am Vesuv übereinstimmt; dagegen wird in niedrigen, künstlichen Hügeln eine solche vorherrschende Richtung nicht beobachtet.

Während eines Erdbebens zeigt der Erdstrom eine starke Änderung seiner Intensität, jedoch ist dieselbe nicht nach allen Richtungen von gleicher Stärke. Der Erdstrom zeigt dabei die Störungen noch längere Zeit (einige Stunden), nachdem das Erdbeben scheinbar schon aufgehört hat. Die Änderung der Ruhelage der Magnetnadel im Magnetometer ist nicht identisch mit den Variationen des Erdstromes, obwohl man das fast gleichzeitige Vorkommen der Störungen dieser beiden Grössen nicht leugnen kann; doch treten die magnetischen Störungen stets etwas früher ein, als die elektrischen.

Elektrische Beobachtungen auf dem Sonnblickgipfel. Da die Beobachtungen der atmosphärischen Elektrizität auf dem Sonnblick mit Mai 1894 zunächst ihren Abschluss gefunden, so haben J. Elster und H. Geitel ihre Untersuchungen dieser Aufzeichnungen auch auf die Zeit vom Oktober 1893 bis zum Mai 1894 ausgedehnt[1]. »Als Gesamtresultat der vierjährigen Beobachtungen bleibt die geringe jährliche Veränderlichkeit des Potentialgefälles auf dem Sonnblick im Vergleiche zu dem in der Ebene gemessenen bestehen. Dabei ist auch der Schluss aufrecht zu erhalten, den wir aus der Thatsache in der früheren Mitteilung zogen, dass der Sonnblickgipfel diejenigen Schichten der Atmosphäre zum grössten Teile überragt, in denen die elektrischen Vorgänge stattfinden, welche im Tieflande die Periodizität des Potentialgefälles am Erdboden bewirken. Bei der Begründung dieses Schlusses hatten wir allein die nach den damaligen Erfahrungen wahrscheinliche Vorstellung in Betracht gezogen, dass diese elektrischen Vorgänge in Schwankungen des Gehaltes der Luft an freier negativer Elektrizität beständen. Die neueren Beobachtungen des Potentialgefälles bei Ballonfahrten widersprechen dieser Annahme und nötigen, sofern wir sie als genügend sicher und allgemein gültig betrachten dürfen, zu der entgegengesetzten Vorstellung, dass die Luft, jedenfalls bis zu einem Niveau von 3000 *m*, positive Elektrizität enthält. Von welchem Zeichen nun auch die in der Atmosphäre verteilte Elektrizität sein mag, so zeigt die Konstanz des Potentialgefälles auf dem Sonnblick, dass über dem Niveau von 3000 *m* keine stark veränderlichen elektrischen Massen mehr vorhanden sein können,

[1]) Sitzungsber. der Wiener Akad. d. Wissensch. 1895. 109. Abtl. IIa. p. 37.

dass also die Ursache der Potentialschwankungen, die man im Tieflande beobachtet, in den unteren Luftschichten zu suchen ist.« Durch Kombination der Ergebnisse der Ballonfahrten mit denen der Sonnblickbeobachtungen gelangen die Verf. zu folgender Auffassung der Erscheinungen der normalen Luftelektrizität: »Die Erde ist, analog der Vorstellung Lord Kelvin's, als ein Kondensator zu denken, dessen eine Belegung, die Erdoberfläche, negative Elektrizität enthält, während positive in der Atmosphäre, und zwar vorzugsweise in den tiefsten Luftschichten verteilt ist... Die starken Schwankungen, denen die atmosphärische Elektrizität im Tieflande während des Tages und Jahres unterworfen ist, wären als eine Folge des Austausches zwischen der negativen Bodenelektrizität und der positiven der untersten Luftschichten zu betrachten. Hierbei kann die photoelektrische Entladung der Erdoberfläche als Ursache der Abnahme des Potentialgefälles bei wachsender Sonnenhöhe mit einiger Wahrscheinlichkeit angesehen werden.« Weitere Beobachtungen im Ballon und auf freiliegenden Höhenstationen müssen die noch vorhandenen Lücken unserer Erfahrungen ausfüllen.

Die Beobachtungen des Elmsfeuers, die ebenfalls mit ihren Begleiterscheinungen tabellarisch wiedergegeben sind, bestätigen durchaus die schon früher erkannte Regel, dass bei staubförmigem Schnee vorzugsweise negatives, bei flockigem positives Elmsfeuer beobachtet wird, so wie das schon früher konstatierte Überwiegen des negativen zur Winterszeit. Besonders auffallend ist das starke Ausströmen positiver Elektrizität bei Hagelfall.

Die Gewitter vom 11. Dezember 1891 sind in ihrem Zusammenhange mit den gleichzeitigen Witterungserscheinungen von M. Rohr studiert worden[1]). Diese Gewitter traten im Gefolge des schweren Sturmes auf, der an jenem Tage sich ereignete. Nach den Isobarenkarten zog ein Minimum, welches sich am Abende des 10. mit ungefähr 715 *mm* Tiefe nördlich von Christiansund befand, langsam und unter allmählicher Verflachung nordostwärts, während an der Südwestseite desselben ein Teilminimum mit etwa der doppelten Geschwindigkeit nach O hin vorrückte. Dabei sind aber auf den genaueren Karten vom 11. noch eine ziemlich grosse Zahl flacherer Teildepressionen bemerkbar, von denen die einen im Flachlande, besonders in Mecklenburg und Ostpreussen, grossenteils, jedoch nicht ausnahmslos, Träger von Gewittererscheinungen waren, die anderen, wie vom Verf. näher erörtert wird, auf den Verlauf der Gebirgszüge zurückzuführen sind; namentlich finden sich angenähert stationäre Ausbuchtungen der Isobaren an Gebirgskanten sehr

---

[1]) Ergebnisse der Gewitterbeobachtungen im Jahre 1891. Auszug daraus von Less in der Meteorolog. Zeitschr. 1895 Juli. Litteraturbericht p. (52), woraus oben der Text.

gut ausgebildet in Schlesien zur linken Seite des Riesengebirges und zur rechten des Altvater.

Die Wärmeverteilung in Deutschland zeigte infolge starker Bewölkung keinen extremen Charakter, und auch der Einfluss der täglichen Periode war nicht sehr ausgesprochen. Am Abende des 10. Dezember drängen sich die im allgemeinen wie die Winde ungefähr von WSW nach ONO gerichteten Isothermen von 7° bis 10° am Rande des Hügellandes gegen die Ebene und dann im Tieflande östlich des Harzes über die Elbe hinaus in sehr auffallender Weise aneinander. Wenn auch dieser starke, den Betrag von 1° auf etwa 7 *km* erreichende Temperaturgradient im Hügellande zum Teile auf lokale Ursachen zurückzuführen ist, so kann sein Vorhandensein im Tieflande doch nicht angezweifelt werden; z. B. haben Hannover und Celle mit einem Höhenunterschiede von 17 *m* eine Temperaturdifferenz von 4°. Beschränkt man sich ihrer grösseren Gleichartigkeit wegen auf die Tieflandbeobachtungen, so lässt sich das Gemeinsame der vier Isothermenkarten dadurch charakterisieren: Die Nordsee ist stets ein wenig wärmer als die Küste. Im ostdeutschen Tieflande nimmt senkrecht zur Windrichtung die Temperatur im allgemeinen zu bis zu einem Maximum in Schlesien, und zeigt der Verlauf der Isothermen eine bemerkenswerte Übereinstimmung mit der herrschenden Windrichtung, wodurch warme Luft ungewöhnlich weit nach NO vordringt. Dies könnte fast den Anschein erwecken, als wäre es die beim Anstiege vom Berglande dynamisch erwärmte Luft, welche vom Sturme bis nach Posen und Westpreussen hin transportiert wurde. — Die Verteilung der Sonnenscheindauer in Nord- und Mitteldeutschland war nach den Beobachtungen von 22 Stationen eine derartige, dass an der Nordsee und westlichen Ostsee, zunächst der Mittagslage des Teilminimums, fast gar kein Sonnenschein stattfand, während seine Dauer nach S und O hin bis zu ungefähr der Hälfte der möglichen zunahm. Eine Ausnahme machte im SO der wolkenbedeckte Kamm der schlesischen Gebirge, während nach dem Oderthale zu im absteigenden Luftstrome die Sonnenscheindauer sich rasch steigerte.

In Mittel- und Oberschlesien liessen die Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse vom Abende des 10. bis zum Abende des 11. Dezember auf Föhn schliessen. Die Temperaturabnahme auf je 100 *m* war am Riesengebirge am stärksten um 9^h p. des 10., z. B. zwischen Schneekoppe und Friedland 1.06°, zwischen Schneekoppe und Eichberg 1.01°, am Glatzer Gebirgslande um 2^h p. des 11., z. B. zwischen Glatzer Schneeberg und Lichtenwalde 0.85°, zwischen Brand und Oppeln 1.24° betragend. Die relative Feuchtigkeit ging am 11. Dezember um 2^h p. zu Breslau auf 43, zu Liegnitz auf 46, um 9^h p. zu Oppeln auf 56 % herab. Die absolute Feuchtigkeit zeigte in Mittelschlesien vom Morgen zum Mittage eine bis 2.8 *mm*, in Oberschlesien vom Mittage zum Abende eine bis 1.7 *mm* betragende

Abnahme. Freilich hatte auch auf der böhmischen Seite des Gebirges, wo auch die Niederschläge nicht sehr bedeutend waren, die Temperaturabnahme vom 10. abends bis zum 11. mittags hohe, zwischen 0.80° und 1.12° für 100 *m* schwankende Werte.

Während es sich im Sommer häufig um einen einzigen Gewitterzug handelt, waren am 11. Dezember verschiedene, durch mehrere Längengrade getrennte Züge voneinander zu unterscheiden. Am Vormittage fanden Gewitter in Hannover, Mecklenburg und Pommern, ausserdem im Maingebiete statt, am Nachmittage solche in Hannover und Holstein, ferner in West- und Ostpreussen, endlich in Westfalen, Hessen, Thüringen und Sachsen. Aus den Isobarenkarten für die Terminzeiten ist ersichtlich, dass die Gewitter mit den flachen Teildepressionen örtlich zusammenfielen, besonders in der Ebene, so morgens in Mecklenburg, nach 2^h p. in der Provinz Ostpreussen und im Gebiete des Rheines. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Gewitter war sehr beträchtlich, sie ergab sich im Gesamtmittel, nur mit Ausschluss der auf zu wenig Meldungen beruhenden Nachmittagsgewitter in Hannover, zu 69.4 *km* p. h., und zwar betrug die mittlere Geschwindigkeit in der Nähe der Küste nur 65.2, bei den binnenländischen Höhenzugsgewittern aber 79.7 *km*. In den 279 Gewittermeldungen kamen 13 Berichte über mehr als neun Einschlagsfälle vor, so dass schon auf etwa 28 Gewittermeldungen ein Schadenblitz entfiel, auch wurde über vier Kugelblitze berichtet.

Die an den einzelnen Gewitterstationen beobachteten Zugrichtungen stimmten auffallend mit dem Vorrücken der ganzen Erscheinung überein. Auf das Fortschreiten der Gewitter scheinen die Flüsse verzögernd gewirkt zu haben, was schon aus dem Zusammenfallen der Isobronten mit den Flussufern ersichtlich ist. Dies zeigte sich besonders deutlich für die Gewitter im Mittelgebirge, liess sich aber auch im Flachlande — am Pregel in Ostpreussen — noch erkennen. Zur Erklärung nimmt der Verf. ebenso wie früher Börnstein bei Untersuchung der »Gewitter vom 13. bis 17. Juli 1884 in Deutschland« an, dass die Flüsse kälter als die Luft in ihrer Umgebung waren. Doch dürfte nach Ansicht von E. Less ein etwaiges Zurückbleiben der Flusstemperatur im Winter bei nicht sehr bedeutender Sonnenstrahlung, zumal da demselben eine Erhöhung der Feuchtigkeit gegenübersteht, jedenfalls nicht gross genug sein, um absteigende Luftströme über den Flussläufen erzeugen zu können, und wird man die Einwirkung der Flüsse, wenigstens im mitteldeutschen Gebirgslande, vielleicht eher auf orographische Verschiedenheiten ihrer entgegengesetzten Ufer zurückzuführen haben.

Das Erlöschen der Gewitter, deren Intensität weder gegen die ersten Nachmittagsstunden eine Zunahme, noch eine Abnahme gegen Abend zeigte, fand wesentlich aus zwei Gründen statt. Sie verschwanden im absteigenden Luftstrome, der durch die Bodengestaltung veranlasst wurde — so erlöschen sämtliche im mitteldeutschen Ge-

birgslande sehr gut ausgebildete Gewitter, sobald sie die norddeutsche Ebene erreichten —, oder das Ende des Gewitters wurde dadurch herbeigeführt, dass es bei seiner weiteren Fortpflanzung über ein Gebiet hätte ziehen müssen, auf dem schon vor kurzer Zeit heftige elektrische Erscheinungen beobachtet worden, und welches wohl durch die begleitenden festen Hydrometeore abgekühlt worden war. In Pommern setzte um 10^h abends bei Kammin die Gewitterthätigkeit gänzlich aus, wahrscheinlich, weil der stärker ausgebuchtete Teil der sekundären Depression auf die Ostsee hinaustrat; die Niederschläge schritten aber mit ungefähr der früheren Geschwindigkeit von W nach O weiter, und nach etwa drei Stunden kam auch das Gewitter im Westpreussischen wieder zum Ausbruche.

Die Temperaturdepressionen der verschiedenen Gewitter waren bei den stärkeren, hagelbegleiteten Zügen unverkennbar und fanden sich bei dem Frühtermine ebenso wie nachmittags und abends. Die Neigung der Gewitter, sich nach der Seite der grösseren absoluten Feuchtigkeit fortzupflanzen, zeigte sich auch bei dieser Untersuchung; im Rücken des Gewitters war eine wohl mit auf die Abkühlung zurückzuführende Abnahme der absoluten Feuchtigkeit zu bemerken. Die Steigerung der Windstärke ergab bei der an sich schon stürmischen Wetterlage in den meisten Fällen Sturm während des Gewitters.

Im letzten Abschnitte stellt der Verf. aus den Gewittermeldekarten eine Anzahl von Häufigkeitstabellen zusammen, welche sich auf den zeitlichen Verlauf der Gewitter und der sie begleitenden Niederschläge beziehen, wobei er hauptsächlich zwischen den küstennahen Tieflandsgewittern oder »Seegewittern« und den binnenländischen Höhenzugsgewittern oder »Landgewittern« unterscheidet. Die im Folgenden zusammengefassten Ergebnisse erscheinen um so interessanter, als wohl noch niemals für Wintergewitter ein grösseres Material in ähnlicher Weise bearbeitet worden ist, doch darf eine Verallgemeinerung derselben, wie von Rohr selbst betont, nur mit grosser Vorsicht gewagt werden. Die Dauer der Gewitter war durchweg sehr gering; bei den Nachtgewittern wurde nur von 17.2 %, bei sämtlichen von 20.5 % die zeitliche Grenze von $^3/_4$ Stunden überschritten, während 70.4, bezw. 67.9 % sich in kürzerer Zeit als $^1/_2$ Stunde abspielten, und zwar überwogen bei den Seegewittern die kurzen noch mehr als bei den Landgewittern. Die Zeit zwischen dem ersten Donner und der grössten Nähe betrug bei 90.1 % der Nahgewitter und bei 86.5 % aller Gewitter weniger als $^1/_4$ Stunde. Die Regenfälle dauerten bei 89.6 % der Seegewitter, bei 62.2 % der Landgewitter und bei 72.3 % sämtlicher Gewitter weniger als eine Stunde; die Hagel- oder Graupelfälle, welche 54.9 % der Nahgewitter und 36.9 % aller Gewitter begleiteten, dauerten in 87.2 % $^1/_4$ Stunde oder weniger und nur in einem von 55 Fällen länger als $^1/_2$ Stunde. Der Beginn der Niederschläge stand in keiner deutlich ausgesprochenen Beziehung zum Eintritte

des ersten Donners, vielmehr stellten sie sich innerhalb der fünf Minuten vor und nach demselben ganz symmetrisch ein. Als sehr klein erwies sich die Zeitdifferenz zwischen Regen- und Hagelbeginn; ersterer trat nur in einem unter 47 Fällen später, etwa in $^1/_8$ aller Fälle gleichzeitig und in $^2/_8$ derselben zwischen Null und fünf Minuten früher als der letztere ein. Bei den Seegewittern wurde die Zeitdifferenz von $^1/_4$ Stunde zwischen Regen- und Hagelanfang nur in einem, bei den Landgewittern in 23 % der Fälle überschritten.

Über Gewitterbildung und labiles Gleichgewicht der Atmosphäre hat W. v. Bezold eine bemerkenswerte Arbeit veröffentlicht[1]). Schon 1892 hat er darauf hingewiesen, dass die Mohn'sche Einteilung der Gewitter in Wärmegewitter und Wirbelgewitter eine grössere Bedeutung besitzt, als man ihr im allgemeinen beilegt. »Die Wirbelgewitter sind nach Mohn die Begleiter der grossen atmosphärischen Wirbel, d. h. der Cyklonen im weitesten Sinne des Wortes. Sie treten, soweit sich dies bis jetzt übersehen lässt, wesentlich im zentralen Teile der Cyklonen auf und dementsprechend bei unruhiger stürmischer Witterung. Sie bevorzugen nicht wie die Wärmegewitter die Tagesstunden, sondern sind bei Nacht mindestens ebenso häufig, als bei Tage. In der jährlichen Periode schliessen sie sich jener der Cyklonen im allgemeinen an. Endlich sind sie an den Küsten häufiger als im Binnenlande.

Ganz entgegengesetzt verhalten sich die Wärmegewitter, wenigstens sofern sie zu typischer Entwickelung kommen. Sie entstehen, wenn bei schwacher Luftbewegung und geringer Bewölkung kräftige Insolation eine starke Erwärmung der untersten Luftschicht bewirkt. Ihre tägliche und jährliche Periode schliesst sich dementsprechend eng an jene Temperatur an, sie sind eine spezielle Eigentümlichkeit der warmen Tages- und Jahreszeit.

Sie entwickeln sich vorzugsweise am Rande von flachen Depressionsgebieten. Wenn sie vielfach als Begleiter von Teildepressionen erscheinen, so bleibt es doch immer noch fraglich, ob man sie als Folgeerscheinungen solcher Teildepressionen auffassen soll, oder ob sie vielmehr dem Übergangsgebiete zwischen jenen Depressionen und den benachbarten Anticyklonen angehören.

Jedenfalls darf man es als feststehend betrachten, dass vorgeschobene Zungen barometrischer Maxima sowie Sättel hohen Druckes zwischen zwei Depressionsgebieten die Entstehung von Wärmegewittern ganz besonders begünstigen.

Nach dem Ausbruche entwickeln sich übrigens auch in den Wärmegewittern einzelne Wirbel mit wesentlich vertikaler Axe, und kommen überhaupt alle Übergänge zwischen der einen und der anderen Art von Gewittern vor. Es könnte deshalb scheinen, als

---

[1]) Meteorologische Zeitschrift 1895. p. 121 u. ff.

ob eine scharfe Unterscheidung zwischen beiden Gruppen nur von untergeordneter Bedeutung wäre.

Dies ist aber keineswegs der Fall, denn die oben angeführten charakteristischen Merkmale, vor allem die Verschiedenheit in der täglichen Periode deuten unzweifelhaft darauf hin, dass in den beiderlei Gruppen wesentlich verschiedene Ursachen schliesslich ähnliche Erscheinungen im Gefolge haben.

Eine gemeinsame Eigentümlichkeit aller Gewitter ist das Vorhandensein eines sehr starken, aufsteigenden Luftstromes.

Die elektrischen Erscheinungen, die man sonst wohl als das eigentliche Charakteristikum betrachtet, sind wahrscheinlich nur sekundärer Natur.

Die ausserordentliche Stärke dieses aufsteigenden Stromes verrät sich vor allem durch die grosse Dichtigkeit — Schwärze — sowie durch die enorme Mächtigkeit der Gewitterwolken, die in manchen Fällen bis auf mehrere Kilometer anwächst.

Solche Wolken können nur existieren, wenn ein gewaltiger aufsteigender Strom grosse Mengen kondensierten Dampfes, d. h. grosse Wassermassen längere Zeit hindurch am Herabfallen hindert.

Auch die Hagelbildung lässt sich nur dadurch erklären, dass tropfbar flüssiges Wasser in Höhen getragen wird, in denen sehr niedrige Temperaturen herrschen.

Überdies ist es wahrscheinlich, dass in den grössten Höhen alle Gewitter von Hagelbildung oder wenigstens von Graupelbildung begleitet sind, denn die grossen Tropfen, welche für die Gewitterregen charakteristisch sind, lassen sich nur durch die Annahme erklären, dass sie ursprünglich Graupel- oder Hagelkörner waren, die erst beim Eintritte in die tieferen Schichten der Atmosphäre geschmolzen sind.

Auch die erhebliche Abkühlung, welche meist kurz nach dem Ausbruche des Gewitters eintritt, spricht zu gunsten dieser Annahme.

Ein solcher mächtiger aufsteigender Luftstrom kann wesentlich durch zweierlei Ursachen hervorgerufen werden:

Erstens durch die Auslösung labilen Gleichgewichtes in der Atmosphäre und zweitens durch anderwärts bereits eingeleitete Bewegungserscheinungen, d. h. als Folge der allgemeinen Zirkulation.

Labiles Gleichgewicht scheint die Ursache aller Wärmegewitter zu sein.

Die Wirbelgewitter hingegen dürften ihre Entstehung denselben Ursachen verdanken, durch welche die Cyklonen überhaupt zu stande kommen, also wenigstens teilweise der allgemeinen Zirkulation. Labiles Gleichgewicht in der Atmosphäre kann aber auf dreierlei Weise entstehen:

Erstens, durch Überhitzung der untersten Luftschicht, wie schon Reye nachgewiesen hat. — Zweitens, durch starke Abkühlung der oberen Schichten, worauf zuerst W. Morris Davis hingewiesen

hat[1]). — Drittens, durch Verzögerung in der Veränderung des Aggregatzustandes. Solche Verzögerungen können entstehen: entweder durch Übersättigung der Luft mit Wasserdampf oder durch Überkaltung des in Wolkenform in der Luft suspendierten Wassers. Von diesen drei Ursachen des labilen Gleichgewichtes dürften die erste und die letzte bei den Wärmegewittern die Hauptrolle spielen. Überhitzung der untersten Luftschicht muss eintreten, wenn der feste Erdboden bei ruhiger Luft einer kräftigen Insolation ausgesetzt ist. Bekanntlich sind dies auch die Bedingungen, unter denen man die meisten Wärmegewitter beobachtet. Über dem Meere wird labiles Gleichgewicht auf diesem Wege nicht leicht zu stande kommen, da einerseits die im allgemeinen daselbst herrschende starke Luftbewegung hinderlich in den Weg tritt, während anderseits die Verdunstung sowie die Beweglichkeit des Wassers eine sehr starke Erwärmung der obersten Wasserschicht unmöglich machen. Nur in der Kalmenregion fällt der erste Hinderungsgrund weg, und thatsächlich tragen auch die dort sehr häufigen Gewitter den Charakter der Wärmegewitter an sich, wie sich schon in der täglichen Periode zu erkennen giebt.

Die zweite Art labilen Gleichgewichtes, nämlich die aussergewöhnliche Abkühlung höherer Schichten setzt Bedingungen voraus, die in der Natur nicht so leicht erfüllt sein werden, wie jene, welche eine Überhitzung der untersten Luftschicht im Gefolge haben. Durch Hereinbrechen kalter Luftmassen in höhere Schichten kann nämlich wohl eine Gleichgewichtsstörung entstehen, aber kein labiles Gleichgewicht, da das letztere immer ruhige Luft voraussetzt. Die Entstehung dieser Art labilen Gleichgewichtes ist demnach nur möglich, wenn sich höhere Schichten durch Ausstrahlung gegen den Weltraum unter jene Temperatur abkühlen, wie sie dem konvektiven Gleichgewichte entspricht. Sie kann demnach nur im Winter oder in der Nacht vorkommen und setzt überdies das Vorhandensein einer Wolkendecke voraus, deren obere Begrenzungsfläche sich durch Ausstrahlung stark abkühlen kann, während das Emissionsvermögen der trockenen, nebelfreien Luft, d. h. der Luft im Trockenstadium hierfür nicht hinreicht. Auch ist bei Abwesenheit von Wolken nicht einzusehen, weshalb sich die Abkühlung durch Ausstrahlung nur oder wenigstens vorzugsweise auf die obersten Schichten beschränken sollte. Wolkendecken finden sich aber gewöhnlich nur im Cyklonalgebiete, und dort fehlt wieder die zur Entstehung labilen Gleichgewichtes erforderliche Windstille. Dagegen kann die Ausstrahlung von der oberen Begrenzungsfläche der Wolken sehr wohl die »Gleichgewichtsstörung« in der Cyklone vermehren, besonders über dem Meere, das in den Zeiten überwiegender Ausstrahlung verhältnismässig warm ist. Es dürfte vielleicht mit einer der Gründe sein, welche die Verstärkung der stürmischen

[1]) Amer. Met. Journ. 1890. 6. p. 420 u. ff.

Winde während der kalten Tages- und Jahreszeit besonders über den Meeren bedingen. Auch die Thatsache, dass die Cyklonen im Winter vorzugsweise den Meeren nachziehen und sich in dieser Jahreszeit zu besonderer Tiefe entwickeln, scheint damit in Zusammenhang zu stehen.

Die dritte Art endlich, d. i. das labile Gleichgewicht infolge verzögerter Änderung des Aggregatzustandes kann sowohl über dem Meere als über dem Festlande vorkommen. Für das Auftreten übersättigten Dampfes wird das Meer günstiger sein, da dort weniger Staub vorhanden ist, und mithin die zur Kondensation unentbehrlichen Nebelkerne nicht so reichlich zu Gebote stehen, als über dem Festlande. Besonders die tropischen Meere mit ihren hohen Temperaturen und ihrer gewaltigen Verdunstung müssen die Bildung übersättigten Dampfes wesentlich begünstigen. Labiles Gleichgewicht infolge überkalteter Nebelkörperchen ist sowohl über dem Meere als über dem Festlande denkbar. Aus dem eben Gesagten geht hervor, dass sich die Entstehung labilen Gleichgewichtes und damit das Auftreten eines starken aufsteigenden Luftstromes auf sehr verschiedene Weisen erklären lässt. Die Gewitter aber, welche diesen verschiedenen Arten labilen Gleichgewichtes ihren Ursprung verdanken, müssen eine ganz verschiedene tägliche Periode besitzen. Inwiefern endlich Gewitter bloss Folgen jenes aufsteigenden Stromes sind, wie er den Cyklonen überhaupt eigen ist, dies kann nur durch ganz besondere Untersuchung ermittelt werden. Jedenfalls werden solche Gewitter Wirbelgewitter im strengsten Sinne des Wortes sein. Sie müssen sich an jenen Stellen der Cyklonen entwickeln, an welchen der aufsteigende Strom am stärksten ist, also in der Umgebung des Zentrums, jedoch nicht im Zentrum selbst, da dort die Zentrifugalkräfte dem starken Aufsteigen hinderlich entgegentreten. Hierbei ist es jedoch selbstverständlich, dass Abkühlung der oberen Schichten sowie verzögerte Änderungen des Aggregatzustandes noch unterstützend und verstärkend mitwirken können.« Leider ist das bisher gesammelte Beobachtungsmaterial nicht hinreichend, um die entwickelten Anschauungen an der Hand der Thatsachen gründlich zu prüfen.

Den von Prof. v. Bezold angegebenen drei Ursachen des labilen Gleichgewichtes in der Atmosphäre fügt E. Leyst noch eine vierte bei[1]), »nämlich Abkühlung der oberen Schichten durch Änderung des Aggregatzustandes niedersinkender Hydrometeore als Eiskrystalle und Wassertropfen. Jede sich senkende und sich auflösende Wolke kann labiles Gleichgewicht dieser vierten Art erzeugen, insbesondere wenn Eisnadeln die oberen Schichten füllen und langsam niedergehen, während die unteren Luftschichten hohe Temperatur haben. Dass solche Fälle im Sommer bei hohen Temperaturen vorkommen, beweisen die Sonnenringe, wie z. B. in Moskau

[1]) Meteorologische Zeitschrift 1895. 12. p. 318.

am 15. Juni 1895 bei 30° Wärme. Wenn bei niedersinkenden Luftströmungen mit Eisnadeln gefüllte Luftmassen die Null-Isothermenfläche durchsetzen, sei es, dass die Eisnadeln durch ihre Schwere in wärmere Schichten gelangen, sei es, dass infolge adiabatischer Änderungen die Temperatur der sinkenden Luftmassen über 0° steigt, so wird Wärme der oberen Luftschichten zum Eisschmelzen verbraucht, während die Temperatur der untersten Luftschichten unverändert bleibt, wodurch labiles Gleichgewicht entstehen kann. Der gleiche Fall kann eintreten, wenn eine aus Wassertröpfchen bestehende Wolke sich auflöst.

Es fragt sich jetzt, wie und wo solche Fälle am leichtesten eintreten können. Zunächst gehört dazu eine Temperatur von mehr als 0° und geringe relative Feuchtigkeit in den oberen Luftschichten, Bedingungen, die am ehesten in den wärmsten Jahres- und Tageszeiten im Gebiete der Anticyklonen erfüllt werden. Ferner gehört dazu eine gewisse Quantität Kondensationsprodukte des Wasserdampfes in den oberen Luftschichten, als Eiskrystalle oder Wassertröpfchen, die sich in den Cyklonen am reichlichsten entwickeln. Das Zusammenwirken beider Arten von atmosphärischen Vorgängen, Cyklonen und Anticyklonen, findet am erfolgreichsten statt in den zwischen ihnen liegenden Grenzgebieten, wo sich auch am meisten Gewitter entwickeln. Die erforderlichen Vorbedingungen für diese Art labilen Gleichgewichtes finden sich auch in den zungenförmigen Gebieten relativ hohen Luftdruckes zwischen zwei Depressionsgebieten, wo Gewitter ebenfalls am meisten sich entwickeln.

Die vier Arten von labilem Gleichgewichte kann man in solche einteilen, welche in den unteren Schichten eine Überhitzung erzeugen, entweder 1. (nach Reye) durch direkte Erwärmung, oder 2. (nach W. v. Bezold) durch Erwärmung infolge Kondensation bei Übersättigung, und in solche, welche in den oberen Schichten eine aussergewöhnliche Abkühlung erzeugen, entweder 1. (nach Davis) durch direkte Ausstrahlung, oder 2. nach obiger Ausführung infolge von Wärmeentziehung bei Änderung des Aggregatzustandes.

Labiles Gleichgewicht auf den Meeren, wo nach den Ausführungen von Bezold eine Überhitzung nicht so leicht zu stande kommt, kann leicht durch die vierte Ursache labilen Gleichgewichtes erklärt werden.

Über das Wetterleuchten macht Meinardus einige interessante Bemerkungen[1]). Er unterscheidet objektives und subjektives Wetterleuchten und zählt zu ersterem die elektrischen Entladungen, welche überhaupt still, ohne Geräusch vor sich gehen, während das subjektive Wetterleuchten die Fälle umfasst, in denen die Entladung mit Geräusch (Donner) erfolgt, der Beobachter aber sich unter Umständen befindet, dass er zwar den Blitz sieht, aber den Donner

---

[1]) Meteorologische Zeitschrift 1895. 12. p. 14.

nicht hört. Das subjektive Wetterleuchten, mit dem Verf. sich beschäftigt, ist somit ein akustisches Problem.

Vielfach ist die Thatsache festgestellt, dass beim Herannahen eines Gewitters noch kein Donner gehört wird, selbst wenn der Himmel von den grellsten Blitzen erleuchtet ist, und dass, wenn nach dem Blitze 40 bis 50 Sekunden geräuschlos verstrichen sind, ein Donner nicht zu erwarten ist. Hieraus folgt, dass die Hörweite des Donners in der Regel 15 *km* nicht übersteigt, eine im Vergleiche zur Intensität des Schalles sehr kleine Grösse. Es liegt nahe, den Grund hierfür in einer besonderen Beschaffenheit des schallleitenden Mediums zu suchen, umso mehr, als zur Erklärung einer Reihe akustischer Anomalien, die sich bei den Versuchen über die Hörweite von Nebelsignalen gezeigt, schon mehrfach die besondere Beschaffenheit der schallleitenden Luft herangezogen worden ist.

Bekannt ist, dass, wenn das Brechungsvermögen der verschiedenen, übereinander liegenden Luftschichten stark voneinander abweicht, ein in der Höhe erregter Schall selbst bei kleinen Entfernungen nicht zur Erdoberfläche gelangen kann, sondern total reflektiert wird. Die Bedingungen, unter denen diese totale Reflexion eintritt, und die Formeln, nach denen die Kurve des Schallstrahles durch Luftschichten von wechselnder Dichte gezeichnet werden kann, sind bei den Untersuchungen über die Hörbarkeit der Nebelsignale, namentlich von Mohn untersucht und ermittelt. Verf. verwertet diese Ergebnisse zur Feststellung der Hörweite des Gewitters und zur Erklärung des Wetterleuchtens.

Die Schallweite auf der Erde (X_0) ist nach diesen Formeln gleich $\sqrt{h/k}$, wenn h die Höhe der Schallquelle, und k eine von der Geschwindigkeitsänderung des Schalles mit der Höhe abhängige Grösse ist; sie wird negativ, man erhält also für X keinen reellen Wert, wenn die Schallgeschwindigkeit nach oben zunimmt. Die Schallgeschwindigkeit hängt nun, wie bekannt, von der Temperatur, dem Dunstdrucke, dem Luftdrucke und der Windgeschwindigkeit ab, und es lässt sich leicht zeigen, dass vor und nach einem Gewitter die Bedingungen erfüllt sind, welche k einen grossen positiven, und der Hörweite des Donners einen kleinen Wert geben. Vor dem Gewitter ist nämlich die Temperaturabnahme mit der Höhe sehr bedeutend, während der Wind an der Erdoberfläche sehr schwach weht. Unter zulässigen Annahmen findet Verf. bei herannahendem Gewitter k etwa = 0.00001, und nach dem Gewitter wird k ungefähr 0.00002. Man erhält nun die Hörweite des Donners auf der Erdoberfläche für die verschiedenen Höhen der Gewitterwolkenbasis mit Hilfe obiger Formel, und zwar beträgt die Hörweite bei der nicht unwahrscheinlichen Annahme von k = 0.000001 und h = 1400 *m*, nach dem Verf., 12 *km*. Schreitet das Gewitter 15 *m* in der Sekunde fort, so wird erst 15 Minuten vor seinem Ausbruche der erste Donner gehört; nach dem Gewitter erreicht k

vielleicht den Wert 0.000002, die Hörweite wäre dann auf 8 *km* eingeschränkt.

Je höher der Beobachter sich über der Erdoberfläche befindet, desto grösser wird die Schallweite; sie steigt auf das Doppelte, wenn der Beobachter sich in gleicher Höhe wie die Schallquelle befindet.

Die Erscheinung des subjektiven Wetterleuchtens lässt sich sonach aus einem einfachen physikalischen Gesetze erklären.

Natur und Ursache des Polarlichtes. A. Paulsen giebt auf Grund eigener und fremder Beobachtungen eine neue Erklärung des Wesens des Polarlichtes[1]). Folgendes ist ein das Wesentliche umfassender Auszug dieser Abhandlung.

Ein allgemeines Gesetz für den Einfluss der Nordlichter auf die Magnetnadel hat man noch nicht zu finden vermocht; Beobachtungen, welche in arktischen Ländern gemacht wurden, beweisen aber, dass es selbst starke Nordlichter giebt, welche überhaupt nicht merklich auf die Lage der Magnetnadel einwirken; wir werden später auf die Erklärung dieser Thatsache zu sprechen kommen; im allgemeinen aber ist das Erscheinen eines grösseren Nordlichtes mit magnetischen Störungen verbunden.

Die starken Nordlichter erscheinen gewöhnlich über einer grösseren Himmelsfläche; das Resultat ihrer Wirkung auf die Magnetnadel setzt sich somit jedenfalls aus den Wirkungen verschiedener Teile der Erscheinung zusammen, deren Lage und Intensität fortwährend wechselt. Dazu kommt noch die Wirkung von Erdströmen, die im allgemeinen die Nordlichterscheinung begleiten. Sehr geeignet zum Studium der Frage, welche uns hier beschäftigt, ist nun eine Nordlichterscheinung, welche ich, allerdings selten, während meines Aufenthaltes in Grönland sehen konnte. Diese Form des Nordlichtes gleicht einem Vorhange oder einem Bande, das vertikal in der Luft aufgehängt und mit einer grossen seitlichen Geschwindigkeit begabt ist. In Godthaab (an der Westküste Grönlands, in 64° 11′ n. Br.) kommen diese Erscheinungen aus dem magnetischen Süden, durcheilen das Zenith und entfernen sich gegen Norden. Ihre grosse Geschwindigkeit lässt annehmen, dass ihre Erhebung über den Boden verhältnismässig klein ist; wenn diese Nordlichtformen von elektrischen Strömen durchlaufen werden, dann muss die durch sie verursachte Abweichung der Magnetnadel ihr Zeichen wechseln, wenn sie das Zenith passieren. Zu Godthaab habe ich zweimal ähnliche Phänomene gesehen, aber ich war unglücklicherweise zu weit von dem magnetischen Beobachtungshäuschen, um die Nadel zu beobachten. Ich habe dann Schiffsleutnant Vedel, Mitglied der arktischen Expedition von Ryder, ersucht, derartige Spezialuntersuchungen des Einflusses solcher Nordlichtformen auf die Magnetnadel zu machen, wenn sich dieselben an der Ostküste Grönlands, wo die Expedition überwinterte, zeigen sollten. Im Jahre 1891 und 1892 machte Vedel magnetische Beobachtungen daselbst ($\varphi = 70°27'$, $\lambda = -26°10'$) im Scoresbysunde. Öfters sah nun Vedel kleinere draperieartige Nordlichter, welche sich mit grosser Geschwindigkeit aus Süd gegen Nord über das Zenith bewegten. Beim Auftreten einer solchen Erscheinung hat Vedel stets die Magnetnadel beobachtet. Diese Beobachtungen ergaben nun, dass die Magnetnadel stets gegen Westen abwich beim Nahen des Nordlichtes. Im Augenblicke des Durchganges durch das Zenith machte die Magnetnadel Schwankungen um ihre ursprüngliche Lage und wich dann gegen Osten aus, als sich die Erscheinung entfernte. Herr Vedel hat etwa 20 Beobachtungen

---

[1]) Verh. d. k. dänischen Akademie d. Wissenschaften. Deutsch in der Meteorolog. Zeitschrift 1894 p. 450.

dieser Art gemacht, und die Ablesungen der Nadel ergaben stets dasselbe Resultat.

Diese Beobachtungen zeigen, dass die vorhangartigen Nordlichter in der Richtung von unten nach oben von Strömen durchflossen sind. Bei diesen Nordlichtern nimmt also das elektrische Potential nach oben hin ab. Die Erfahrungen zu Godthaab zeigen in Übereinstimmung mit jenen von Vedel, dass das Potentialgefälle an der Erdoberfläche während des Auftretens grosser Nordlichter sich verringert oder selbst negativ wird.

Die Messungen der Luftelektrizität, wie sie von der internationalen Expedition auf Kap Thordsen (Spitzbergen) ausgeführt wurden, ergaben dasselbe Resultat.

Die von der dänischen und schwedischen Expedition gemachten Erfahrungen zeigen somit, dass an der Erdoberfläche das Potential der Luft abnimmt während des Auftretens grosser Nordlichter, und die Beobachtungen von Vedel beweisen, dass in den »Bändern« und »Vorhängen« (Nordlichterscheinungen, die vertikal in der Atmosphäre aufgehängt erscheinen), die Änderungen des Luftpotentials bei Hebung über den Boden umgekehrt jenen sind, die gewöhnlich in der Atmosphäre vorhanden sind.

Die Wirkung des Nordlichtes auf die Stellung der Nadel zeigt sich auch in dem regelmässigen Gange der magnetischen Deklination zu Godthaab, welche deutlich zwei Maxima und zwei Minima aufweist. Das zweite Maximum fällt auf 9 Uhr abends, um diese Zeit macht die Nadel die grösste Abweichung nach Westen. Dieses Maximum zeigt nun die Eigentümlichkeit, dass sein Wert unabhängig von der Jahreszeit ist und dieselbe Grösse im Sommer und Winter aufweist. Die Zeit seines Eintretens stimmt nun überein mit der grössten Häufigkeit des Nordlichtes. Die Ansiedelung zu Godthaab befindet sich am nördlichsten Ende der eigentlichen Nordlichtzone; die grösste Zahl der Nordlichter zu Godthaab erscheint im Südosten. Ganz in Übereinstimmung mit den Erfahrungen von Vedel kann man dieses Maximum im täglichen Gange der Nadel durch den Einfluss der elektrischen Ströme bei den vertikalen Nordlichtarten erklären. Zur selben Stunde treten auch die grössten magnetischen Störungen auf, welche der Magnetnadel eine Abweichung nach Westen geben; und das gilt sowohl von ihrer Zahl, als von ihrer Intensität.

Ein Beobachter, welcher in Polarländern einen Nordlichtvorhang beobachtet, befindet sich, wenn nicht inmitten, so doch wenigstens so nahe der ganzen Erscheinung, dass er alle Partien derselben und alle Zustandsänderungen in ihr beobachten kann. Diese Nordlichtform erscheint auch als ein isoliertes, frei in der Atmosphäre aufgehängtes Phänomen. Die Vorhänge haben eine grosse Ausdehnung sowohl in der Länge, als in der Breite, aber ihre Dicke ist so gering, dass die Erscheinung nur einem schmalen Lichtstreifen gleicht, wenn sie das Zenith passiert. Für einen Beobachter, welcher in der Ebene des Vorhanges aufgestellt ist, sei es nun östlich oder westlich, erscheint das Phänomen, so dass man sich täuschen könnte, als ein schwaches Bündel von Nordlichtstrahlen, und man kann nur bei der Verlagerung die wahre Form erkennen. Wenn man sich also einer solchen »Draperie« gegenüber befindet, sieht man nicht nur die dem Beobachter zugewandte Seite, sondern das Nordlicht in seiner ganzen Ausdehnung.

Die Struktur und die Art des Auftretens, der Entwickelung und des Verschwindens einer solchen Erscheinung enthüllt uns somit die Natur des Nordlichtes.

In allen Beschreibungen wird die strahlenförmige Struktur der »Draperien« hervorgehoben; aber nur an der Basis und am Fusse bilden die Strahlen ein leuchtendes Band, während weiter oben die strahlenförmige Struktur sich in leuchtenden Streifen zeigt, die durch mehr oder weniger dunkle Streifen getrennt sind. Wenn die Intensität sich verstärkt, schiessen die Strahlen gegen das Zenith zusammen. Im allgemeinen ist eine solche »Draperie« ein sehr veränderliches Phänomen; sie pendelt, entfaltet sich

und verschiebt sich oft sehr rasch seitlich, aber die Strahlen behalten immer ihre ursprüngliche Richtung. Eine grosse »Draperie« kann in wenigen Minuten verschwinden und lässt dann keine anderen Spuren zurück, als ein schwaches, nebelartiges Lichtband mit einigen getrennten, schwach leuchtenden Flecken. Anderseits kann ein Nordlichtband von schwacher Intensität in wenigen Minuten sich vergrössern und in eine grosse Draperie umbilden, welche ihre Strahlen bis in grosse Höhen aussendet. Wenn die Intensität eines Nordlichtbandes auf diese Weise wächst, dann wächst die Intensität aller anderen Nordlichtphänomene, die sich am Himmel zeigen, in derselben Weise; die Bögen schicken Strahlen gegen das Zenith aus, neue Strahlenbündel erscheinen an verschiedenen Punkten des Himmels, und alle Strahlen konvergieren gegen denselben Punkt, das magnetische Zenith. Das ist die Nordlichtkrone.

Wenn man diese Nordlichterscheinungen gewissenhaft beobachtet, ohne dass der Geist durch Vorurteile über ihre Natur befangen ist, wird man naturgemäss dazu geführt, das Nordlicht als eine Erscheinung zu betrachten, welche in einer Energie, die sich durch Strahlung in den Raum verbreitet, ihren Ursprung hat. Die Quelle für diese Strahlen kann nicht ohne weiteres in dem Nordlichte selbst gesucht werden. Man darf nicht voraussetzen, dass ein Nordlichtband, das oft in verhältnismässig sehr geringer Höhe über dem Boden aufgehängt ist und vielfach von sehr geringer Dicke ist, das Zentrum einer Thätigkeit sei, welche Strahlen bis zu 100 *km* Höhe entsendet. Wenn sich eine Form von Energie auf dem Wege der Strahlung ausbreitet, dann sind die Strahlen nur die Wege, längs deren eine Energiequelle ihre Energie verliert. Nun bewahren viele Nordlichter ihre strahlenförmige Struktur bis zur Basis des Phänomens. Isolierte Strahlen können sich selbst bis zu Berggipfeln und darunter herabbewegen, um dann in einem Augenblicke bis zu Höhen vom 100 *km* sich zu erheben. Wie kann man sich aber eine Energiequelle vorstellen, die mit einer Geschwindigkeit begabt wäre, welche die der heftigsten Orkane weit überträfe und die merkwürdige Eigenschaft besitzt, leuchtende vertikale Strahlen bis zur Grenze der Atmosphäre aussenden zu können, während sie keineswegs in einer anderen Richtung ihre Energie verliert? Und vor allem, wie soll man sich den Ursprung einer Energie vorstellen, welche das Zentrum ihrer Wirksamkeit inmitten der Atmosphäre hätte, oft in ihren unteren Regionen, und die im stande wäre, die grossartigsten Nordlichterscheinungen hervorzurufen, ohne je diese Energie zu erschöpfen?

Wir müssen somit annehmen, dass die Quelle, aus der die Nordlichtstrahlen stammen, in den oberen Regionen der Atmosphäre zu suchen ist, wenn nicht gar ausserhalb derselben; aber auf jeden Fall zeigt uns die stets konstante Richtung der Strahlen, dass diese Quelle an der täglichen Rotation der Erde teilnehmen muss.

Es liegt in der Natur der Strahlung, dass die Strahlen ihre ganze Energie, die sie aus der Strahlungsquelle wegführen, so lange unversehrt ausbreiten, als diese Energie von dem Mittel, das sie durchdringen, nicht absorbiert wird. Solange es aber keine Absorption giebt, verliert ein Strahl nicht an Energie und kann folglich auch nicht sichtbar werden.

Je nachdem somit die Strahlen, welche das Nordlicht bilden, in die dichteren Schichten der Atmosphäre eindringen, werden ihre Spuren infolge der Absorption sichtbar, bis all ihre Energie in die Form von Licht umgewandelt ist. Wir werden also dazu geführt, das Nordlicht als eine Fluoreszenzerscheinung aufzufassen, welche durch die Absorption einer Energie hervorgebracht ist, die sich auf dem Wege einer Strahlung, deren Emissionsquelle sich in den oberen Atmosphärenschichten befindet, ausbreitet.

Physikalisch gesprochen, senden somit nicht die Bögen und die Draperien die leuchtenden Strahlen aus, sondern es sind unsichtbare Strahlen, welche durch Umwandlung ihrer Energie das Nordlicht hervorrufen.

Was nun die Quelle der Strahlen anlangt, so wird dieselbe immer für uns unsichtbar bleiben. Wir können uns nicht so stellen, dass das Auge

reine Nordlichtstrahlen empfange, und überdies beweist die Fluoreszenz, welche diese Strahlen in der Luft hervorrufen, dass ihre Brechbarkeit eine viel grössere sein muss, als die der Strahlen im sichtbaren Teile des Spektrums. Ehe wir nun aber uns überhaupt damit beschäftigen, nach der Ursache der Nordlichtstrahlen zu suchen, müssen wir zuerst die Rolle betrachten, welche diese Strahlung bei den elektrischen und magnetischen Wirkungen des Nordlichtes spielt.

Die Erklärung des Nordlichtphänomens als einer Erscheinung, welche durch Absorption einer Strahlung verbunden mit Produktion von Fluoreszenzlicht hervorgebracht wird, giebt im allgemeinen über die so veränderlichen Formen Aufschluss, unter welchen das Nordlicht in den arktischen Gegenden, wo die Richtung der Strahlen fast vertikal ist, erscheint. Wenn die Strahlung intensiv und konzentriert ist, erscheint das Polarlicht in Form von Strahlen und Draperien. Ist es weniger intensiv, so reicht die Absorption nicht hin, um die Wege der Strahlen sichtbar zu machen, und die Erscheinung bildet nur einen Bogen oder ein Band schwachen Lichtes, das keine Strahlen ausschiessen lässt. Hat die Strahlung aber eine grössere Ausdehnung, so ist sie im allgemeinen auch weniger intensiv, und das Nordlicht erscheint nun in der Form von leuchtenden Wolken, weisslichen Lichtern wie bei Tagesanbruch und anderen Formen schwachen und diffusen Lichtes.

Die Wirkung des Nordlichtes auf die Magnetnadel hat zur Annahme geführt, dass das Nordlicht von elektrischen Strömen herrühre, die sich durch Lichtproduktion wie in Geissler'schen Röhren bemerkbar machen. Diese Erklärung, die allgemein angenommen wird, schliesst sehr viele Schwierigkeiten in sich. Die Nordlichter können in arktischen Gegenden bis zu sehr niedrigen Schichten der Atmosphäre herabsteigen. Wie soll man nun die enormen Potentialdifferenzen erklären, die nötig wären, um derartige elektrische Ströme zu erzeugen? Und wie soll man es verstehen, dass ein intensiver elektrischer Strom, der fast bis zum Drucke einer Atmosphäre die Luft glühend erhält, plötzlich, ohne die Erde zu erreichen, aufhöre? Wenn die Strahlen elektrische Ströme sind, dann müssen ihre Wege von der Leitungsfähigkeit der Luft abhängen; die Nordlichtstrahlen sind aber geradlinig, und wenn sie sich verlagern — und das kann mit grosser Geschwindigkeit geschehen —, bewahren sie immer ihre ursprüngliche Richtung. Endlich zeigt die Erfahrung, dass die grossen Nordlichter erscheinen, ohne die Magnetnadel merklich zu beeinflussen. Wir werden auch sehen, dass die elektrischen Ströme nur sekundäre Effekte des Nordlichtes sind, dass also nicht elektrische Ströme das Nordlicht hervorrufen, sondern umgekehrt das Nordlicht elektrische Ströme.

Es giebt indessen eine elektrische Erscheinung, die in mehrfacher Hinsicht Analogien zur Strahlungsenergie des Nordlichtes zeigt. Es ist das die elektrische Strahlung, welche vom negativen Pole in stark luftverdünnten Röhren ausgesendet wird. Man weiss, dass diese Strahlen sich immer in gerader Linie ausbreiten, ohne dass ihr Lauf durch die Lage des positiven Poles beeinflusst würde, und man kennt ihre Eigentümlichkeit, auf den Wänden der Röhre, welche sie trifft, Fluoreszenzerscheinungen hervorzurufen. Man weiss auch, dass diese Strahlen bei Atmosphärendruck in die Luft eindringen können, um hier unter Lichtwirkung absorbiert zu werden. Anderseits rufen nach den Versuchen von Hertz diese Kathodenstrahlen keine Wirkung auf die Magnetnadel hervor. Wenn die Analogie der Art der Verbreitung und die gemeinsame Eigentümlichkeit, absorbiert zu werden, wobei ihre Energie in Fluoreszenzlicht umgewandelt wird, die Annahme gestattet, dass die Nordlichtstrahlen und die Kathodenstrahlen elektrische Phänomene derselben Art sind, dann rufen auch die Nordlichtstrahlen selbst keine magnetischen Störungen hervor. Ebenso kennen wir auch keine Strahlen, welche, wenn sie keine Energie verlieren, ein Wirkungsfeld auf ihrem Wege verursachen; ein System von Strahlen, wie es Kraft-

linien sind, bilden ein Feld, aber weder die Strahlen, noch die Kraftlinien rufen irgend einen Effekt ausserhalb ihres Weges hervor.

Wenn nun aber die Kathodenstrahlen in die Luft eindringen, entwickelt sich ein starker Ozongeruch, was beweist, dass die Luftmoleküle infolge der Absorption der Strahlen zersetzt werden, so dass unter Umständen die Luft zu einem elektrischen Leiter wird. Nach Experimenten von Arrhenius [1]) und Stoletow [2]) vermag die Beleuchtung der Luft durch ultraviolette Strahlen sie leitungsfähig zu machen. Wir sind somit gezwungen, anzunehmen, dass die Nordlichtstrahlung den Molekularzustand der Luft, welche sie durchdringt, beeinflusst, so dass sie leitend wird und infolgedessen elektrische Ströme hervorruft, wenn Potentialdifferenzen vorhanden sind. Man versteht dann, dass grosse Nordlichter erscheinen können, in welchen sich Ströme von geringer Intensität entwickeln können.

Nach dieser Erklärung muss die Bewegung der Nordlichter die Intensität der Ströme wesentlich beeinflussen. Und in der That, stellen wir uns z. B. eine Nordlichtdraperie vor, welche ganz und gar unbeweglich ist und in der vollkommen ruhigen Luft ausgebreitet ist! Es entwickeln sich hier nur Ströme, bis alle Teile des Nordlichtes dasselbe elektrische Potential erhalten haben, und dieser Zustand des elektrischen Gleichgewichtes wird andauern, wenn nicht äussere elektrische Kräfte oder Änderungen des magnetischen Feldes die Gleichheit des Potentials stören. Wenn aber das Nordlicht beweglich ist, werden die Ströme durch die Bewegung unterhalten, und muss die Intensität der elektrischen Ströme im Nordlichte proportional der Geschwindigkeit sein, mit welcher sich die Erscheinung bewegt.

Die Erfahrungen, welche wir in Godthaab machten, zeigen auch, dass die Nordlichter ohne Bewegung oder mit nur schwacher Bewegung bloss einen schwachen oder gar keinen Einfluss auf die Nadel haben. Ebenso bemerkt auch Weyprecht in seinen »Nordlichtbeobachtungen«, dass unbewegliche Nordlichter keinen Einfluss auf die Ablenkung der Nadel haben. Dagegen stimmen alle Beobachter, welche in arktischen Gegenden magnetische Beobachtungen machten, darin überein, dass die schnell bewegten Nordlichter die grössten Bewegungen der Magnetnadel hervorrufen. In Godthaab haben wir oft konstatiert, dass die Pendelbewegungen von Nordlichtdraperien von korrespondierenden Schwankungen der Magnetnadel begleitet sind, und je grösser die Bewegungen des Nordlichtes sind, umso grösser sind auch die Nadelschwankungen.

Die Verlagerung des Nordlichtes geschieht oft mit grosser Geschwindigkeit. Wir wissen nur wenig über den Wert dieser Geschwindigkeit. Messungen, die zu Godthaab und Nanortalik (Westküste von Grönland bei Kap Farewell) gemacht wurden, geben für die Bewegung der Nordlichtbögen eine Geschwindigkeit von 40—50 *m* pro Sekunde für die Komponente im magnetischen Meridiane. Da aber nur die Ränder von Bögen mit scheinbar schwacher Bewegung gemessen wurden, so muss dieses Resultat weit entfernt sein, die maximalen Geschwindigkeiten eines Nordlichtes zu geben. Wenn nach unserer Annahme der Ort, von welchem aus die Strahlen ausgesendet werden, in der oberen Atmosphärenschicht liegt, muss die Bewegung eines Nordlichtes die Bewegung der höchsten Luftschichten repräsentieren. Jesse konnte mit grosser Genauigkeit die Höhe und die Geschwindigkeit der sogenannten leuchtenden Wolken bestimmen. Die Höhe derselben war etwa 80 *km*, und ihre Geschwindigkeit erreichte Werte zwischen 120 und 300 *m* pro Sekunde.

Als Ursprungsort für die Nordlichtstrahlung nehme man eine negative elektrische Schicht an, welche in den obersten Atmosphärenhöhen aus-

---

[1]) Wiedem. Ann. 39. p. 332.

[2]) Compt. rend. 106. p. 1149. Journ. de Phys. 9. (II) p. 468; Compt. rend. 108. p. 1241.

gebreitet ist. Man weiss ja, dass nur der negative Pol elektrische Strahlen aussenden kann. Da aber die Elektrizität an Materie gebunden sein muss, muss auch ihre Verteilung von den Bewegungen der oberen Luftschichten abhängen. Wenn nun die elektrischen Massen nicht derart verteilt sind, dass sie in allen Punkten der Atmosphäre, die sie einschliessen, dasselbe Potential geben, muss sich ihr Vorhandensein durch Änderungen im Potential der Luft anzeigen. Nun haben wir auch gesehen, dass beim Erscheinen grosser Nordlichter das Potential der Luft nahe am Erdboden kleiner wird, und die Beobachtungen von Vedel beweisen, dass bei Nordlichtvorhängen das Luftpotential nach oben hin kleiner wird.

Im allgemeinen nimmt man zur Erklärung des Luftpotentials das Vorhandensein einer negativen Elektrizitätsmenge auf der Erdoberfläche an. Wenn diese Elektrizitätsschicht nicht durch Influenz äusserer Massen beeinflusst ist, muss sie sich gleichförmig auf der Erdoberfläche ausbreiten, und es könnte nur die Wegführung der Elektrizität durch Wasserdampf das Potentialgefälle an der Erdoberfläche beeinflussen. Unter diesen Umständen wäre der Mittelwert des Potentialgefälles in den Polargegenden am grössten, in den Tropen am kleinsten. Man weiss, dass es umgekehrt ist, woraus folgt, dass eine Anhäufung negativer Elektrizität in den höheren Luftschichten an den Polen stattfindet.

Die Nordlichtstrahlung, von welcher wir vorausgesetzt haben, dass sie von den mit negativer Elektrizität geladenen Molekülen ausgesendet werde, ruft einen Energieverlust hervor, welcher nach dem Gesetze von der Erhaltung der Energie nur stattfinden kann, wenn durch äussere Kräfte Energie aufgebraucht wird.

Es scheint mir zweifellos, dass die Nordlichtenergie ihren Ursprung auf der Sonne hat. Das beweist das Maximum der Nordlichthäufigkeit in den ersten Stunden der Nacht und die wohl konstatierte Abnahme der Intensität der Nordlichterscheinungen während der Nacht, woraus folgt, dass die Quelle der Energie, in welcher das Nordlicht seinen Ursprung hat, im Laufe des Tages wiederkehrt. Ausserdem beweist es auch die elfjährige Periode der Sonnenthätigkeit und die des Nordlichtes.

Man hat vergebens versucht, die Nordlichterscheinung aus magnetischen und elektrischen Kräften der Sonne zu erklären. Wenn die Energie, von welcher das Nordlicht herrührt, durch eine Wirkung der Sonnenstrahlen hervorgerufen würde, dann müsste wohl am Äquator seine Entfaltung am stärksten sein. Da nun aber das Polarlicht nur selten in niederen Breiten und nur nach Sonnenuntergang auftritt, müsste die Nordlichtstrahlung von einer aufgespeicherten Energie herrühren. Ich nehme nun an, dass infolge der Sonnenstrahlung die elektrisierten Moleküle Energie aus den Sonnenstrahlen aufnehmen und diese aufgespeicherte Energie durch das Polarlicht aufgebraucht werde. Nach dieser Hypothese ist die Energie des Polarlichtes in den elektrisierten Molekülen am grössten in den Tropen, aber es ist durchaus nicht nötig, dass diese Energie auch wieder verloren gehe. Die gegenseitige Wirkung zwischen den gleichen Molekülen kann nicht ihre Qualität ändern. Wir nehmen nun an, dass diese potentielle Energie transformiert werde unter der Form von Nordlichtstrahlen in aktuelle Energie, besonders unter dem Einflusse der gegenseitigen Kräfte zwischen den elektrisierten Molekülen, welche isoliert wurden, und denen, welche noch nicht Sonnenenergie aufgespeichert haben. Wenn nun, infolge der Bewegungen in den oberen Schichten der Atmosphäre, die isolierten Moleküle gegen die Polargegenden geführt werden, mengen sie sich unter die nicht isolierten und verlieren hier unter der Form der Nordlichtstrahlung ihre aufgespeicherte Energie. Da, wo dieser Verlust ein Maximum erreicht, befindet sich die eigentliche Zone des Polarlichtes; ausserhalb dieser verringert sich die Energie, und die Nordlichter werden weniger häufig. Auf diese Weise hängt also die Zone des Polarlichtes nur von den Bewegungen in den oberen Regionen der Atmosphäre ab. Es ist also nur zufällig, dass diese Zone den magnetischen Pol einschliesst, aber es ist vielleicht nicht

zufällig, dass die Zentralaxe dieser Zone zusammenfällt mit der Axe des niederen Luftdruckes, der sich von der Südspitze Grönlands bis nach Spitzbergen hinzieht.

Die Erklärung der Wirkung der leuchtenden Strahlen von hoher Brechbarkeit auf die mit negativer Elektrizität geladenen Moleküle, als verursacht durch die Absorption der lebendigen Kraft der Strahlen, ist eine Hypothese, die schwer festgestellt werden kann. Es wird schwer sein, Experimente mit grösseren Mengen von Molekülen, die mit negativer Elektrizität geladen in einem grossen Raume ausgebreitet und jeder äusseren Wirkung entzogen sind, anzustellen. Man weiss übrigens, dass die Wirkung des Lichtes auf die negative Elektrizität von der Natur des geladenen Körpers abhängt. Der Wert der Hypothese, die ich aufzustellen wagte, muss in der Übereinstimmung zwischen den Folgerungen, welche man daraus ziehen kann, und den Thatsachen gesucht werden.

Wir haben vorausgesetzt, dass die elektrischen Moleküle, welche durch die Sonnenstrahlung Nordlichtenergie aufgespeichert haben, aus den Äquatorealgegenden gegen die Pole geführt werden. Es kann sein, dass sie durch atmosphärische Strömungen dorthin geführt werden, aber es ist auch möglich, dass die Energie, welche sie aufgespeichert haben, die ursprünglichen Repulsivkräfte zwischen den Molekülen verändere, so dass Bewegungen durch die elektrischen Kräfte hervorgerufen werden. Wenn die elektrisierten Moleküle, welche die Nordlichtenergie enthalten, gegen die Polargegenden geführt werden, mischen sie sich unter noch nicht elektrisierte Moleküle, und unter der Form der Strahlung verlieren sie ihre aufgespeicherte Energie. Bei uns beginnen die Polarlichter stets im Norden, und von hier entwickelt sich die Erscheinung gegen das Zenith. Wenn ein Polarlicht beginnt, verlieren die Moleküle, welche isoliert wurden, nach unserer Hypothese ihre aufgespeicherte Energie und erregen neue Moleküle, welche ihre Energie, die sie in niederen Breiten absorbierten, noch enthalten. So entwickelt sich das Polarlicht nach rückwärts und erhebt sich gegen das Zenith. In niederen Breiten kann also eine grosse Ausdehnung des Polarlichtes von Norden gegen Süden, wie von Osten gegen Westen auftreten.

Ein Strom aber, welcher die elektrisierten Moleküle vom Äquator gegen den Pol führt, muss notwendig herabsteigen. In den hohen Breiten, wo sich diese absteigende Bewegung findet, kann somit auch die Erscheinung keine grosse Ausdehnung von Nord gegen Süd haben. Man weiss auch, dass in der sogenannten Polarlichtzone das Polarlicht seine Ausdehnung in einer Richtung parallel zu dieser Zone hat. Da die Polarlichtstrahlen augenscheinlich nach den Kraftlinien des erdmagnetischen Feldes angeordnet sind, werden auch die Formen des Polarlichtes in den arktischen Gegenden beinahe vertikal sein, und die Erscheinung kann hier bis zu den tiefsten Schichten der Atmosphäre herabsteigen.

Es folgt aus unserer Hypothese, dass eine grosse Nordlichtthätigkeit in den niederen Breiten deren Intensität in den arktischen Gegenden schwächen muss. Und das zeigt auch die von Tromholt ausgesprochene Thatsache des Gegensatzes zwischen der Polarlichthäufigkeit in niederen und hohen Breiten.

Ebenso hat Tromholt für die Westküste Grönlands gezeigt, dass das Maximum des jährlichen Ganges des Polarlichtes auf die Mitte des Winters fällt, in mittleren Breiten ist um diese Zeit das Minimum.

Ich habe übrigens gezeigt, dass ein analoger Gegensatz im täglichen Gange sowohl der Häufigkeit, als auch der Intensität der Störungen der Deklination in den gemässigten und arktischen Gegenden besteht. Der Parallelismus zwischen dem Verhalten der Deklination und der Polarlichtthätigkeit während des Tages bestätigt die Allgemeinheit der von Tromholt gefundenen Thatsache bezüglich des Gegensatzes zwischen Polarlichthäufigkeit in niederen und höheren Breiten.

Die negative elektrische Schicht, von welcher wir vorausgesetzt haben, dass sie der Ausstrahlungsort für die Polarlichtstrahlung sei, kann

nicht durch irdische Ursachen hervorgebracht sein, da sich die entsprechende positive Elektrizität nicht vorfindet.

Man kann annehmen, dass die Trennung der zwei Elektrizitäten, von welchen die negative in den oberen Luftschichten verbleibt, durch eine kosmische Änderung, z B. durch die Trennung von Erde und Sonne, hervorgerufen wurde. Wie immer aber auch diese Elektrizität entstanden sein mag, sie musste sich im Momente ihres Entstehens über die Grenzen unserer Atmosphäre ausbreiten.

Wir wissen, dass in den arktischen Ländern die Polarlichter bis zu den Berggipfeln herabsteigen können. Man kann also annehmen, dass die negative Ladung der Erde, welche man zur Erklärung des Luftpotentiales annimmt, ihren Ursprung in den Polarlichtern hat.

In einer Abhandlung: »Über das Spektrum des Nordlichtes«, drückt sich Angström so aus: »Das Spektrum des Nordlichtes setzt sich aus zwei Spektren zusammen, welche gleichzeitig erscheinen, die aber höchstwahrscheinlich keineswegs einen verschiedenen Ursprung haben.

Das eine ist durch das gelbe Licht hervorgebracht, von welchem selbst die schwächsten Nordlichter immer begleitet sind. Manchmal, in den wolkenlosen Winternächten, bemerkt man dieses Licht an allen Punkten des Himmelsgewölbes.

Das andere Spektrum besteht aus Linien oder Bändern eines sehr schwachen Lichtes, welches selbst nicht einmal bei sehr starken Nordlichtern hinreichende Intensität erreicht, um ihre Lage mit einer gewissen Annäherung bestimmen zu können.«

Angström nimmt an, dass die schwachen Banden, welche das zweite Spektrum ausmachen, durch elektrische Ströme hervorgebracht sind, da mehrere dieser Banden augenscheinlich mit den Linien des Spektrums des negativen Poles übereinstimmen. Weitere Erfahrungen, welche von verschiedenen Physikern und Astronomen gemacht wurden, bestätigen diese Ansicht, und man wird im allgemeinen diesen Teil des Nordlichtspektrums als eine Modifikation des Luftspektrums zu betrachten haben.

Für die charakteristische Linie, welche man in jedem Nordlichtspektrum vorfindet, hat Angström die Ansicht ausgesprochen, dass »die einzig mögliche Erklärung der gelben Linie die Fluoreszenz oder Phosphoreszenz sei. Da die Fluoreszenz durch ultraviolette Strahlen hervorgebracht werden kann, so ist es leicht, eine elektrische Entladung anzunehmen, welche vielleicht zu schwach zum Leuchten, doch genügend reich an ultraviolettem Lichte sein könnte, um ein stärkeres Fluoreszenzlicht hervorzubringen.«

Diese Erklärung der charakteristischen Nordlichtlinie ist nicht allgemein angenommen. Wenn man das Nordlicht als eine durch elektrische Ströme hervorgebrachte Erscheinung auffasst, dann würde es schwer sein, in der Fluoreszenz der Luft die Ursache dieser Linie zu suchen. Man hat nie die geringste Spur dieser Linie im Spektrum elektrischer Entladungen durch verdünnte Luft gesehen. Wie kann man annehmen, dass diese Linie im Nordlichtspektrum stets die vorherrschende sei, während dort die anderen Linien immer sehr schwach sind, wenn sie überhaupt erscheinen? Man hat die Ansicht ausgesprochen, dass die gelblichgrüne Linie ihre Existenz einem unbekannten Gase verdanke, »vielleicht von sehr kleinem spezifischen Gewichte, derart, dass es sich nur in den höheren Schichten der Atmosphäre vorfände.« Die Nordlichter können aber bis zu den tiefsten Schichten der Atmosphäre herabsteigen; das Licht derselben ist aber gerade gegen die Basis des Phänomens hier stärker, und die Intensität der Hauptlinie ist immer am grössten in den leuchtendsten Teilen des Polarlichtes. Im allgemeinen kommt man also zu dem Resultate, dass die Ursache der charakteristischen Linie des Nordlichtes unerklärt bleibt.

Anderseits ist die Erklärung, welche Angström von dieser Linie gegeben hat, als herrührend von einer Fluoreszenz der Luft, eine notwendige Folgerung aus der Erklärung, welche ich für die Natur des Nordlichtes gegeben habe. Es ist übrigens nicht die Lichtentwickelung der voraus-

gesetzten elektrischen Ströme, durch welche die Fluoreszenz hervorgebracht wird, sondern die Absorption der angenommenen Strahlung. Was nun das andere Spektrum betrifft, welches immer schwach ist, so weist unsere Hypothese, ebenso wie die allgemein angenommene Erklärung, sein Auftreten elektrischen Strömen als Ursache zu. Da aber diese nur ein sekundärer Polarlichteffekt sind, so besteht das Polarlicht in Wirklichkeit nur aus der gelblichgrünen Linie, welche im Jahre 1867 durch Angström entdeckt wurde.

Wolkenbildung durch das Nordlicht. A. Paulsen macht auf die auffallende Ähnlichkeit gewisser Wolkenformen mit Nordlichtformen aufmerksam[1]), die so gross ist, dass es bisweilen unmöglich wird, mit Sicherheit zu entscheiden, ob es sich um Wolken oder Nordlicht handelt. Nach Paulsen's Ansicht sind alle für nebel- und wolkenähnliche Nordlichter angesehenen Phänomene nur gewöhnliche, aus Wassertröpfchen oder Eiskrystallen bestehende Wolken, die durch das Nordlicht gebildet und beleuchtet werden.

Paulsen verwirft die Hypothesen, die den Ursprung des Nordlichtes auf die Wirkung von elektrischen Strömen zurückführen, (vergl. S. 353) er sieht das Polarlicht vielmehr an als ein durch eine Absorption von Strahlen hervorgerufenes Phänomen und sagt: »Die Eigenschaften der Kathodenstrahlen bieten so viele Analogien mit denen des Nordlichtes dar, dass, mindestens nach unseren jetzigen Kenntnissen der Sache, eine Absorption von Kathodenstrahlen in der Atmosphäre die nämlichen Phänomene hervorbringen würde als das Nordlicht. Die Kathodenstrahlen werden bekanntlich von der freien Luft unter Lichtentwickelung absorbiert. Wir wissen nach Lenard's Untersuchungen, dass das Absorptionsvermögen der Luft für Kathodenstrahlen in einfachem Verhältnisse zu der Dichte steht, so dass vertikale Strahlen, die von den äussersten Grenzen der Atmosphäre kommen, meilenweite Strecken ohne merkbare Absorption durchlaufen können, und dass daher eine kräftige Absorption in den relativ tieferen Schichten, wo die ganze Energie der Strahlen unter Fluoreszenzentwicklung abgegeben wird, stattfinden kann. Wir wissen nun, was ich früher nur als hypothetisch angenommen hatte, dass die durch die Kathodenstrahlen fluoreszierende Luft ein Leiter für elektrische Ströme ist, oder, wie Lenard in einem Briefe an mich sich ausdrückt, dass »die durch Kathoden strahlende fluoreszierende Luft stark leitend ist.« Wenn also Hunderte von Kilometern lange Strecken der Atmosphäre plötzlich stark leitend werden, müssen elektrische Ströme durch die in der Luft vorhandenen Potentialdifferenzen entstehen. In den arktischen Gegenden sind die Nordlichter oft ganz lokale Phänomene. Es ist unter diesen Umständen verständlich, dass elektrische Ströme von einiger Stärke nicht entstehen können, wenn das Nordlicht in Ruhe ist, wogegen die Bewegungen des Nordlichtes elektrische Ströme, deren Intensität mit der Geschwindigkeit wachsen muss, veranlassen.

Sind die Nordlichtstrahlen von derselben Natur wie die Kathodenstrahlen, so muss das Nordlicht unter geeigneten Feuchtigkeitsverhältnissen der Luft Wolken hervorbringen. Wie wir nämlich wissen, bringt die Absorption der Kathodenstrahlen in der Luft eine reichliche Entwickelung von Ozon hervor.

Leitet man durch elektrische Ausladung ozonierte Luft durch ein mit Wasser auf der inneren Seite befeuchtetes Rohr, so bildet sich ein starker, weisser Nebel, »der so dick sein kann, dass das Gefäss oberhalb des Wassers fast undurchsichtig wird, wenn es mit der nebeligen Luft sich ausfüllt« (Meissner, Untersuchungen über den Sauerstoff, p. 20). Diese

---

[1]) Meteorolog. Zeitschrift 1895. Gaea 1895. p. 526.

Nebelbildung wird durch das bei der Gegenwart von Ozon gebildete Wasserstoffhyperoxyd hervorgebracht. Bekanntlich wird die Entwickelung von Ozon durch die Einwirkung niederer Temperaturen in sehr hohem Grade beschleunigt.

Wird daher Ozon durch die Absorption der Nordlichtstrahlen in der Atmosphäre gebildet, so müssen Nebel oder Wolken entstehen, wenn die Luft feucht ist. Man könnte vielleicht den Einwurf machen, dass in den grossen Höhen, wo die Nordlichter gewöhnlich sich entfalten, die Temperatur der Luft so niedrig ist, dass, selbst wenn die Luft mit Wasserdampf gesättigt ist, die Dampfmenge beinahe Null sein würde. Man muss sich aber erinnern, dass die Luft in diesen Höhen als absolut frei von Staub betrachtet werden kann, und dass daher die Wasserdämpfe nicht in flüssige oder feste Form übergehen können. Die Luft kann daher im Verhältnisse zu ihrer Temperatur ausserordentlich grosse Mengen von Dampf enthalten, die weit die ihrem Sättigungspunkte entsprechende Menge überschreitet. Werden dann in solcher übersättigter Luft durch Absorption von Nordlichtstrahlen grosse Massen von Ozon entwickelt, so werden die Dämpfe zu Nebeln und Wolken verwandelt.

So verstehen wir, dass, wenn die Luft trocken ist, ein schwaches, über einem grösseren Teile des Himmels ausgebreitetes Nordlicht wie eine Tageshelle hervortritt, während dasselbe Nordlicht, wenn die Luft feucht ist, wie schwach leuchtende Wolken erscheint, und dass, unter diesen Umständen, der Himmel wie mit einem Wolkenschleier überzogen wird. Wir verstehen so auch, dass die anscheinend selbstleuchtenden Nebel, die gewöhnlich den Raum zwischen den Bogen ausfüllen, wirkliche Nebelmassen sind, die von dem Nordlichte gebildet und beleuchtet werden, nicht aber eine besondere Form des Nordlichtes oder, wie Weyprecht es meint, eine eigentümliche »Lichtmaterie«, an welche das Nordlicht »gebunden« ist. Die Rauchsäulen ähnlichen Nordlichter, die Payer, Weyprecht, Holm und andere gesehen haben, sind also nicht wirkliche Formen des Nordlichtes, sondern Wolken, die, wenn die Gegenden der Atmosphäre, wo das Nordlicht sich entfaltet, mit Wasserdampf übersättigt sind, von dem Nordlichte gebildet werden, und durch welche das Licht des Nordlichtes wie durch gewöhnliche Wolken strahlt.

Auch das Erscheinen von Wolken nach dem Erlöschen eines Nordlichtes wird uns durch die Entwickelung von Ozon verständlich; anderseits verstehen wir auch, warum diese Wolkenbildung nicht ein Phänomen ist, das immer dem Nordlichte folgt.

Bei vollem Mondscheine sehen wir also gewöhnlich nur die von dem Nordlichte selbst gewebte Wolkenkleidung, in die es sich einhüllt. Daher können wir unter solchen Umständen ruhig stehende Nordlichtbogen von Wolken derselben Form nicht unterscheiden.

Verf. erwähnt nun einige eigentümliche Lichtphänomene, die sich ebenfalls durch Wolkenbildung erklären lassen. Die grossen Vorhänge sind meistens in einer undulatorischen Bewegung. Wenn nun die durch diese Undulationen entstehenden Falten sich gegen den Beobachter bewegen, treten diese Teile des Vorhanges mit einem besonders intensiven Lichte hervor, während die Falten, die eine entgegengesetzte Bewegung haben, dunkler erscheinen, als ob die ersteren Schatten auf die anderen würfen. Dieses Phänomen lässt sich nicht durch wirkliche Verschiedenheiten in der Lichtintensität erklären; denn denken wir uns zwei Beobachter, der eine nördlich und der andere südlich von einem Vorhange, so sieht der eine die nämlichen Falten als die leuchtendsten, die dem anderen als die dunkelsten erscheinen, und umgekehrt, was ja nicht von einer Verteilung der wirklichen Lichtstärke herrühren kann. Diese Lichtverteilung lässt sich nur erklären durch das Dasein eines trüben Mittels zwischen den rückwärts gehenden Falten und dem Beobachter; wenn die Falten sich gegen den Beobachter bewegen, werfen sie ihre Kleidung zur Seite, und

das Nordlicht tritt so entblösst in seiner vollen Schönheit dem Beobachter hervor.

Auch die sogenannten »Lichtwellen«, die Weyprecht für Bewegungen der »Lichtmaterie«, die meisten anderen Nordlichtforscher für Blitze zwischen den verschiedenen Teilen des Nordlichtes halten, finden durch die Wolkenbildung ihre ganz ungezwungene Erklärung. Ich gebe hier Weyprecht's Beschreibung über dieses Phänomen, die ganz mit dem, was ich selbst gesehen habe, übereinstimmt.

»In den meisten Fällen findet eine eigentümliche Lichtbewegung in den Bändern statt. Es wälzen sich nämlich Lichtwellen mit grösserer oder geringerer Geschwindigkeit und Intensität der Länge nach durch das Band. Dies geschieht ziemlich gleichmässig in der ganzen Breite. Diese Wellen gehen immer von dem einen oder anderen Ende aus und durchlaufen das Band in seiner ganzen Länge. Bei genauer Betrachtung sieht man, dass die einzelnen Strahlen heller aufleuchten, sobald sie die Lichtwelle trifft. Die Raschheit und Intensität, mit welcher sich die Wellen folgen, ist ebenso verschieden wie die Form und Intensität der Bänder selbst. Besitzen die letzteren nur geringe Bewegung, so sind die Lichtwellen kaum mehr bemerkbar, die ganze Erscheinung ist dann wie stagnierend. Wächst dieselbe, so wälzen sich die Wellen langsam und schläfrig von einem Ende zum anderen. Dies kann so zunehmen, dass sie mit enormer Geschwindigkeit der ganzen Länge nach durchhuschen . . . Besteht das Band aus Lichtmaterie (diffuses Licht), so nehmen seine Bänder beim Durchlaufen eine undulatorische Bewegung an, ähnlich einem stellenweisen Überfliessen und Zurückweichen des Lichtes. Besteht es dagegen aus Strahlen, so geraten die Ränder in hüpfende Bewegung. Sie sehen dann unregelmässig zackig aus, während sie im ersten Falle in kurzen Wellen gekrümmt erscheinen. Man glaubt zu sehen, wie sich einzelne Strahlen verlängern und verkürzen, wenn sie die Lichtwelle trifft. Beide Erscheinungen sind um so ausgesprochener, je rascher die Wellenbewegung ist . . . Ist das Band in Windungen verschlungen, so kann man die gleiche Lichtwelle durch sämtliche Windungen verfolgen . . . Am veränderlichsten ist die Lichtintensität der Bänder. Während einzelne Stellen derselben hier und da im höchsten Glanze aufstrahlen, können andere fast bis zur Unsichtbarkeit einschrumpfen. Oder es kann ein ganzes Band, das nahezu verschwunden war, bald darauf wieder in voller Pracht aufleuchten.«

Wir sehen also, dass die sogenannten »Lichtwellen«, das heisst Flecken von grösserer Lichtintensität, welche das Nordlicht durchlaufen, nur zum Vorscheine kommen, wenn das Nordlicht in Bewegung ist, und dass die Geschwindigkeit der Bewegung von der des Nordlichtes abhängig ist. Dieses Lichtphänomen erklärt sich nach meiner Meinung ganz einfach dadurch, dass, wenn das Nordlicht durch seine Bewegung seine Wolkenbekleidung zerreisst, wir durch die Risse die entblössten Teile des Nordlichtes beobachten. Durch die Bewegung sieht es dann aus, als ob eine Lichtwelle sich durch die ganze Länge des Nordlichtes bewegte; wir sehen aber in der Wirklichkeit nur die einzelnen Teile des Nordlichtes das Wolkenloch passieren. Da der Rand durch die Undulationen in schlangenförmige Bewegung gesetzt wird, sieht es durch das Wolkenloch aus, als ob die lichtstarke Stelle, die anscheinend das Nordlicht durchläuft, die Ränder in hüpfende Bewegung setze. So verstehen wir auch, warum einzelne Stellen eines Bandes hier und da im höchsten Glanze aufstrahlen, während andere fast unsichtbar sind, um bald darauf wieder in voller Pracht aufzuleuchten.

Die anscheinende Lichtstärke kann also ebensowenig wie die durch die Bewegung entstehenden magnetischen Wirkungen massgebend für die wahre Intensität ein Nordlichtes sein. Denken wir uns ein Nordlicht ganz ruhig stehend, so wird es nach und nach ganz in seine Nebeltracht eingehüllt, und je intensiver der Nordlichtprozess ist, desto mächtiger wird auch der von dem Nordlichte hervorgebrachte Nebel. Ein solches Nordlicht

muss daher ein diffuses Aussehen haben, ohne scharfe Ränder, obschon, wie gesagt, die wahre Intensität sehr gross sein kann. Durch diese Betrachtung wird es uns auch verständlich, warum, wie Weyprecht sehr richtig bemerkt, »fast alle Erscheinungen, welche einen verschwommenen Charakter haben, keine Wirkung auf die Magnetnadel ausüben.«

Ist das Nordlicht, wie wir es angenommen haben, ein durch Absorption von Strahlen hervorgebrachtes Phänomen, so muss die wahre Intensität allein durch die Grösse der Absorption oder durch die Strahlenmenge bestimmt sein. Wächst also die Intensität, wird dies allein durch eine reichlichere Emission von Strahlen, die nicht von dem Nordlichte, sondern von Teilen in den obersten Gegenden der Atmosphäre ausgesandt werden, hervorgebracht. Nun erweist die Erfahrung, dass, wenn ein Band anfängt, breiter zu werden und (anscheinend) Strahlen auszusenden, auch gleichzeitig die Intensität aller anderen Nordlichtphänomene vermehrt wird, während im allgemeinen neue Erscheinungen auf dem Himmel hervortreten. Eine Verstärkung der Intensität des Nordlichtprozesses findet also gleichzeitig über einem grossen Raume statt, so dass auch aus diesem Grunde starke Lichtvariationen in den verschiedenen Teilen eines Vorhanges oder eines anderen lokalen Nordlichtphänomens nur scheinbar und nicht eine Folge von Variationen in der wahren Lichtstärke sein können.

In der durch die Nordlichter hervorgebrachten Wolkenbildung können wir auch die Erklärung der periodischen Änderungen der Menge der Cirri und der grossen Sonnen- und Mondringe finden, welche Gebilde, nach den Untersuchungen von Hahn, Klein, Stark u. a., am häufigsten auftreten, wenn die Nordlichter und Sonnenflecke ihren Maximis nahe sind.«

20. Optische Erscheinungen der Erdatmosphäre.

Luftspiegelung auf Rügen[1]. Von Sassnitz auf Rügen wird berichtet: Eine höchst wunderbare Luftspiegelung konnte man kürzlich vom hiesigen Meeresufer aus beobachten. Es war ein ziemlich schwüler Tag, und vom Festlande her ein Gewitter im Anzuge. Das Meer war totenstill und von einer undurchsichtigen weissen Dunstmasse bedeckt, durch welche die Sonnenstrahlen nicht hindurchzudringen vermochten. Abends nach 7 Uhr nun zerteilten sich die Dunstmassen und, von den Strahlen der Abendsonne beschienen, sah man das drei Seemeilen entfernte Göhren'sche Vorgebirge mit samt dem Badeorte Göhren hoch oben in der Luft schweben, und zwar so deutlich, dass man genau eine Strasse des Ortes erkennen konnte. Die etwa 24 Seemeilen entfernte Insel Greifswalder Oie mit dem darauf befindlichen Leuchtturme, der Mühle und den Gebäuden schien um mehr als die Hälfte näher gerückt und ebenfalls in der Luft zu schweben, so dass man die einzelnen Gegenstände deutlich unterscheiden konnte. Ungefähr 15 Minuten dauerte die Erscheinung, als sich die Dunstmassen langsam verschoben, und das Phantom wieder in nichts zerrann. Doch gleich darauf zerteilten die Sonnenstrahlen abermals den Nebel, und über den Greifswalder Boden hinweg sah man in weiter Ferne am Horizonte eine grosse Stadt mit unzähligen Häusern und Türmen, hinter denen eine grössere Anzahl von Fabrikschornsteinen sichtbar waren, emportauchen. In dieser Stadt wollen verschiedene Zuschauer mit

[1]) Gaea 1895. p. 498.

Bestimmtheit Stettin erkannt haben. Die ganze Erscheinung währte nur einige Minuten und war nicht ganz so deutlich, wie die beiden vorhergehenden. Hiesige Einwohner, die sich gerade auf erhöhten Punkten des Strandes oder der Promenade befanden, betrachteten staunend die wunderbare Erscheinung. — Hierbei sei noch erwähnt, dass Fischer der nahen Halbinsel Vittow vor vielen Jahren einmal auf offener See während des Fischfanges eine ähnliche Fata morgana beobachteten, in welcher einige unter ihnen an besonderen Merkmalen die Stadt Kopenhagen erkannten (?).

Das Alpenglühen. Prof. Amsler-Laffon hat eine Theorie des Alpenglühens aufgestellt, welche von Dr. Maurer zu gunsten der früheren Anschauungen von Wolf und v. Bezold zurückgewiesen wird[1]). Bei klarem Wetter und dem Auftreten eines vollkommenen Alpenglühens erkennt man drei (meist) getrennte Phasen dieses reizvollen, herrlichen Naturschauspieles: Um die Zeit des Sonnenunterganges für die Ebene, bei einer Zenithdistanz des Sonnenzentrums von etwa 88°, sieht man die Spitzen der Hochalpen zuerst rötlich gefärbt, es ist die regelmässige Abendbeleuchtung des noch über dem Horizonte der ersteren befindlichen Tagesgestirnes. Kurze Zeit, wenige Minuten gewöhnlich nur, nachdem sie erloschen, erscheinen die Berge zum zweiten Male erleuchtet, in tieferen, oft ziemlich lebhaft fleischroten Ton übergehend. Diese Erscheinung, das zweite Erglühen, wo die wahre Zenithdistanz der Sonne nur um weniges grösser geworden ist wie 90°, und dieselbe daher immer noch über dem natürlichen, durch die Depression merklich erweiterten Gesichtskreise der Hochgipfel steht, bezeichnet man gewöhnlich in der Schweiz als das eigentliche Alpenglühen. Typisch für diese zweite Rosafärbung ist, dass sie oft viele Hunderte von Metern unterhalb der Spitzen beginnt und dann langsam den Berg von unten nach oben überzieht. Endlich wiederum nur eine kurze Spanne Zeit nachher, nachdem die Gipfel der Bergesriesen zum zweiten Male erblasst sind, können sie nochmals, je nach den Umständen bald stärker, bald schwächer, oft mit schwachgelblich bis zur purpurnen Färbung sich steigernder Tinte übergossen werden, die meist erst nach beträchtlich längerer Zeit erlischt, und deren Verlauf vom Beginne bis zum Ende einer Sonnentiefe von vier bis neun Grad entspricht.

Diese dritte und letzte Färbung, das richtige »Nachglühen«, ist in den französisch sprechenden Landesteilen der Schweiz unter dem Namen der »Rekoloration« sehr wohl bekannt; schon vor mehr als 60 Jahren hat sich der treffliche Genfer Beobachter Necker de Saussure mit derselben beschäftigt bei Gelegenheit einer Beobachtung des vollkommenen dreifachen Alpenglühens am Montblanc und den umliegenden Bergen, das er mit aller für die damalige Zeit nur wünschbaren Präzision beschreibt.

---

[1]) Meteorolog. Zeitschrift 1895. Augustheft.

Um die physikalische Erklärung der eben erwähnten drei verschiedenen Phasen des Alpenglühens auf ein sicheres Beobachtungsmaterial stützen zu können, ersuchte Prof. Amsler den vormaligen Beobachter der meteorologischen Station auf St. Beatenberg, Pfarrer Dumermuth, während einiger Monate das Alpenglühen in den Berner Hochalpen sorgfältig zu verfolgen und die notwendigen Zeitangaben zu erheben für das Ende des ersten Glühens, und eintretendenfalls für den Anfang und das Ende des zweiten und dritten Glühens; sodann besonders darauf zu achten, ob bei der zweiten Phase die Beleuchtung wirklich von einem tieferen Punkte an aufwärts zur Spitze fortschreite. Dumermuth hat diese Beobachtungen mit grosser Sorgfalt während der Monate Dezember 1893 bis Anfang Februar 1894 ausgeführt und innerhalb dieses Zeitraumes von nicht ganz zwei Monaten ein entschiedenes zweites Glühen, vollständig mit Anfang und Ende, zweimal am 5. und 6. Februar 1894, ein vollständiges drittes Glühen im ganzen jedoch elfmal notiert. Als Mittelwerte ergeben sich aus dieser wertvollen Serie die nachstehenden Daten für die respektiven wahren Zenithdistanzen Z des Sonnenzentrums (ohne Refraktion):

	1. Glühen	2. Glühen		3. Glühen	
	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende
Z =	89° 37′	90° 35′	92° 00′	94° 06′	99° 05′

Da die Depression des Horizontes für die Gipfel der Berner Oberländer-Alpen ungefähr 2° beträgt, so kann demnach der Mittelpunkt der Sonne beim Beginne des dritten Glühens um etwa 2°, dagegen um volle 7° beim Aufhören desselben unterhalb der die Erdoberfläche im Westen berührenden Ebene des natürlichen Horizontes liegen, welche durch die Gipfel der Hochalpen geht und senkrecht zur Vertikalebene des Sonnenstrahles steht.

Zur Erklärung dieser Aufeinanderfolge ruft Prof. Amsler-Laffon eine anomale Verteilung der Luftdichte in ihren übereinander lagernden Schichten zu Hilfe, welche man bekanntlich bei Erklärung der Luftspiegelungen herbeizieht. Wenn die Luftschichten in der Nähe des Erdbodens durch die Sonnenstrahlen sehr erhitzt sind, nimmt bisweilen die Dichte der Luft mit der Höhe zu, erreicht in einer gewissen Höhe ihr Maximum und nimmt dann wieder wie gewöhnlich ab. Die Bahn eines gebrochenen Lichtstrahles wendet ihre konvexe Krümmung stets der Seite des weniger dichten Mediums zu, sie würde also im angenommenen Falle in den unteren Luftschichten konvex, in den oberen konkav gegen den Erdboden sein. Sonach würden die Strahlen der untergehenden Sonne ein und dieselbe Bergspitze auf verschiedenen Wegen erreichen können, zuerst auf einer konvex gekrümmten, später auf einer konkaven Bahn, und hierdurch eine Reihe verschiedener Beleuchtungen hervorrufen. Ein Beobachter auf dem Gipfel eines Berges könnte sonach die Sonne untergehen, dann auf kurze Zeit wieder scheinen und

abermals verschwinden sehen. Dies behauptet Prof. Amsler in der That im Oktober 1891 auf Rigi-Scheidegg beobachtet zu haben. Dreimal stand er dabei hintereinander in den Strahlen der untergehenden Sonne, die nach ihrem ersten gewöhnlichen Verschwinden seinen Blicken in kurzer Zeit noch zweimal wieder erschien. Er bemerkt darüber wörtlich folgendes: »Nachdem die Sonne bei vollkommen klarem Horizonte untergegangen war, hatte ich mich kurze Zeit den Hochalpen zugewendet, blickte dann aber zufällig wieder nach Westen und war überrascht, die Sonnenscheibe wieder über dem Horizonte zu sehen, anfänglich sehr schwach leuchtend und von rotem Dunste begleitet, aber scharf begrenzt und rasch intensiver hell werdend. Bald war sie zum zweiten Male untergegangen. Nach einiger Zeit stieg sie scheinbar wieder in die Höhe, etwas über die Hälfte des scheinbaren Durchmessers, in sehr roter Färbung, um dann endlich zum dritten Male langsam definitiv unterzugehen.«

Diese Beobachtung bestätigt offenbar die Amsler'sche Theorie. Dr. Maurer weist indessen auf eine Reihe von Umständen und Thatsachen hin, welche der Amsler'schen Theorie entschieden widersprechen. Besonders die dritte Phase des Alpenglühens imponiert durch ihre besondere Ruhe und Gleichmässigkeit im Verlaufe ihrer Erscheinung und kann niemals ein so ausserordentlich wechselvolles, unstetes Element, wie es die terrestrische Horizontalrefraktion erwiesenermassen ist, zur Ursache haben.

Was den wirklichen Grund des dritten Erglühens der Alpen anbetrifft, so hat R. Wolf die einzig mögliche Ursache schon vor Jahrzehnten angedeutet, und v. Bezold sie des weiteren ausgeführt. Wolf sagt in seinen Beobachtungen über das Alpenglühen (Berner Mitteilungen 1892): Bei 94^0 Zenithdistanz der Sonne entsteht durch Reflex vom Abendhimmel eine neue Färbung der Alpen, welche sich bisweilen, wenn das Rot vom Westen bis zum Zenith aufsteigt, zu einem Weiterglühen, dem sogenannten »Nachglühen« steigert, und v. Bezold präzisiert dies, gestützt auf seine Dämmerungsbeobachtungen in den Alpen, dahin, dass dieses Phänomen, das früher bezeichnete sogenannte »Nachglühen«, immer gleichzeitig mit dem »Purpurlicht« am Abendhimmel erscheint und nur durch dasselbe hervorgebracht ist. Alpenglühen und Dämmerungserscheinungen sind demnach unzertrennlich verknüpft mit einander.

21. Klimatologie.

Höhengrenzen in den Ortleralpen. Dr. M. Fritzsch hat hierüber eine interessante Untersuchung angestellt[1]. Statt eine einzige Höhengrenze über ein weites Gebiet zu verfolgen, hat er von einer einzelnen, leidlich isolierten Gebirgsgruppe, dem Ortler-

---

[1]) Mitteilungen des deutschen und österreichischen Alpenvereins 1895. p. 14.

gebiete, alle die Höhengrenzen zu bestimmen gesucht, die schon dem Auge des Wanderers deutlich erkennbar sind. Bei den Vegetationsgrenzen wurden demnach nicht die Höhengrenzen einzelner Pflanzenarten, sondern nur die der wichtigsten Formationen, wie Wald, Wiese, Weide u. s. w. bestimmt, zumal neben dem Schnee und Firne nur diese einen bestimmenden Einfluss auf den Haushalt des Gebirges ausüben. Zur Bestimmung der Weideregion in ihren Abstufungen hat er nach dem Vorgange Schindler's die Höhe der Senn- und Schäferhütten verwendet. »Indem ich,« sagt der Verf., »alle Höhengrenzen eines beschränkten Gebietes als ein Ganzes der Betrachtung unterwerfe, scheint es mir am leichtesten möglich zu sein, nicht nur den Verlauf der einzelnen Höhengrenzen, ihre scheinbaren Unregelmässigkeiten u. s. w., zu verstehen, sondern auch den Einfluss der einzelnen Höhengrenzen aufeinander zu erkennen. Hierdurch tritt also der dynamische Charakter aller Höhengrenzen deutlich hervor, denn alle Höhengrenzen, die meteorologischen so gut wie die biologischen, sind Gleichgewichtslinien, genau wie die politischen Grenzen; sie sind das zeitlich schwankende Ergebnis eines Kampfes um das Dasein, der gleich dem Kampfe der Völker wesentlich ein Kampf um Raum ist. Von oben her suchen die lebenfeindlichen Elemente vorzudringen, die ihren allgemeinen Ausdruck in dem Mangel an Wärme finden, von unten her das vegetative Leben, mit ihm die Tierwelt und im Gefolge beider der Mensch mit seinen Wohnstätten, die Kultur.«

Die Methode, die er zur Feststellung der thatsächlichen Verhältnisse angewendet hat, ist durchweg die der direkten Beobachtung im Gegensatze zu manchen anderen Arbeiten auf diesem Gebiete, welche, von klimatologischen Thatsachen ausgehend, auf deduktivem Wege verschiedene Höhengrenzen zu konstruieren suchen.

Von den thatsächlichen Ergebnissen der Beobachtungen werden nur einige allgemeine Zahlen mitgeteilt[1]), wie sie Tabelle I zeigt.

Diese Tabelle kann noch keine rein klimatischen Zahlen enthalten, es kommen in ihnen die örtlichen Verhältnisse der einzelnen Gebiete zum Ausdrucke, die teils durch Bodenart und Bodenform, teils durch Eingriffe des Menschen ihre Besonderheit erhalten haben. Reinere klimatische Zahlen lassen sich gewinnen, wenn man die einzelnen Höhenzahlen aus den natürlichen Gebieten, in denen sie gefunden wurden, herauslöst und sie nach dem Gesichtspunkte der Exposition zusammenstellt; nun wird der Durchschnitt aus allen nach O, W u. s. w. ausliegenden Höhen gezogen, denn der geringe Breitenunterschied zwischen den nach gleichen Himmelsgegenden gelegenen Örtlichkeiten am Nordabhange und denen am Südabhange kann nicht in Frage kommen. Hierdurch wird gleichzeitig der

---

[1]) Eine ausführliche Abhandlung über diesen Gegenstand findet sich in dem II. Bande der »Wissenschaftlichen Veröffentlichungen« des Vereines für Erdkunde zu Leipzig. (Verlag von Duncker & Humblot, Leipzig.)

Fehler paralysiert, der dadurch entstehen könnte, dass in der Gesamtheit die Messungen nach den verschiedenen Himmelsgegenden ungleich vertreten sind. Auf diese Weise ergeben sich die Zahlen, wie sie Tabelle II zeigt.

Tabelle I.

Höhengrenzen	Gebiet								
	Prad-Bormio	Val Furva	Ponte di Legno-Pejo	Rabbi	Ulten	Martell	Vintschgau	Sulden	Mittel
Klimatische Firngrenze	2893	2965	3046	3043	—	2968	2917	2908	2963
Orographische Firngrenze	2608	2651	2644	2417	2561	2656	2533	2647	2590
Baumgrenze . . .	2249	2249	2254	2127	2207	2311	2263	2286	2243
Waldgrenze . . .	2174	2150	2121	1983	2082	2189	2124	2223	2131
Schäferhütten und Galtvieh-Alpen .	1940	2125	2240	1798	2102	2213	2007	2239	2083
Sennhütten . . .	2257	2204	1818	1960	1893	1910	1845	2008	1996
Mähwiesen . . .	1453	2164	1907	1444	1904	1674	1400	1813	1720
Getreidegrenze . .	1384	1639	1475	1500	1635	1459	1228	1691	1501
Dauernd bewohnte Siedelungen . .	1373	1590	1452	1421	1583	1429	1167	1743	1470

Tabelle II.

Höhengrenzen	NW	W	SW	S	SO	O	NO	N	Mittel
Klimatische Firngrenze	2898	2998	3070	3089	2982	2971	2856	2854	2964
Orographische Firngrenze	2535	2628	2743	2754	2725	2630	2567	2533	2629
Baumgrenze . .	2323	2262	2315	2240	2258	2238	2166	2219	2253
Waldgrenze . . .	2134	2154	2159	2131	2120	2120	2023	2100	2118
Schäferhütten und Galtvieh-Alpen .	—	2065	2342	2180	2258	2156	2227	2097	2189
Sennhütten . . .	—	1994	2154	2033	1916	1917	1757	1841	1952
Mähwiesen . . .	1611	1736	2108	1985	1781	1716	1728	1474	1767
Getreidegrenze . .	1207	1419	1642	1629	1561	1237	1225	1243	1390
Dauernd bewohnte Siedelungen . .	1186	1504	1664	1584	1499	1257	1177	1147	1377

Es kann natürlich keinem Zweifel unterliegen, dass auch diesen Zahlen noch orographische Momente anhaften, man wird aber um so sicherer in den Stand gesetzt werden, aus den verwickelten orographischen Verhältnissen die rein klimatischen herauszuschälen, je weiter man das Netz sorgfältiger Einzelbeobachtungen über unsere Alpen und andere Gebirge ausbreitet.

Im ganzen gehören die Ortleralpen zu jenen Gebieten, welche in den Alpen die höchste Lage aller klimatischen Gürtel aufweisen. Baumgrenzen von mehr als 2300 und eine Waldgrenze von durchwegs

über 2100 *m* finden sich in den Alpen nicht häufig, in den Ostalpen nur in den gegenüberliegenden südlichen Teilen der Ötzthaler Gruppe. Die italienischen Thäler unserer Gruppe und die linke Thalseite von Martell sind hierin besonders ausgezeichnet.

Klimaschwankungen und Sonnenflecke. F. Erk sprach sich hierüber auf der Wiener Naturforscherversammlung eingehend aus[1]). Periodische Veränderungen auf der Sonne interessieren uns insofern hauptsächlich, als sie die Wärme betreffen, welche der Erde zu teil wird. »Der generellste Effekt, den die Wärmestrahlung der Sonne auf unsere, von einer Atmosphäre umgebene Erde hervorbringt, ist das Zustandekommen der grossen atmosphärischen Zirkulation zwischen dem Äquator und den polaren Gebieten. Unmittelbar aus dieser Zirkulation geht die Entstehung der subtropischen Gürtel hohen Druckes hervor, welche in der Wirklichkeit durch die unregelmässige Verteilung von Wasser und Land in ihrer Begrenzung und Lage vielfache Änderungen gegen die einfache Gestalt der theoretischen Ableitung erfahren. Wenn nun in der Zustrahlung von der Sonne her eine Steigerung eintritt, so wird die Luftmasse über dem äquatorialen Gürtel in ihrer ganzen Mächtigkeit stärker durchwärmt werden, als unter normalen Verhältnissen. Die Niveauschichten gleichen Druckes werden höher gehoben, und daraus folgt unmittelbar, dass schon wegen der Trägheit der bewegten Massen, die nördlich und südlich des äquatorialen Kalmengürtels gelegenen Gebiete hohen Druckes weiter polwärts verschoben werden müssen. Da aber in Wirklichkeit an Stelle der theoretischen Gürtel hohen Druckes abgegliederte Maximalgebiete treten, so ist zu erwarten, dass auch diese Verhältnisse eine Änderung erfahren. Es werden also nicht bloss die geographischen Breiten, sondern auch die äusseren Umrisse dieser Maximalgebiete bei erhöhter Thätigkeit auf der Sonne eine wesentliche Abänderung erfahren. Die Änderung dieser Maximalgebiete wirkt dann ihrerseits wieder auf die Lage und Frequenz der Depressionsstrassen ein, so dass sicherlich bis in hohe Breiten hinauf aus unserer ersten Annahme eine durchgreifende Umgestaltung der Witterungsverhältnisse für eine längere Periode entsteht. Im entgegengesetzten Sinne müsste eine Abnahme der Wärmestrahlung der Sonne wirken.«

Solche Verlagerungen finden thatsächlich statt, aber ihr Zusammenhang mit Veränderungen auf der Sonne ist nicht erwiesen. Hierüber kann nur eine eingehende Untersuchung die Entscheidung geben. »Es bleibt,« sagt Erk, »nach meiner Ansicht kein anderer Weg übrig, als von Jahr zu Jahr die Art der Verteilung der klimatologischen Elemente auf der Erdoberfläche zur kartographischen Darstellung zu bringen. Es ist dies eine sehr grosse Arbeit, die

---

[1]) Verhandl. d. Ges. deutscher Naturforscher u. Ärzte in Wien 1894. 2. p. 36.

wohl nur mit vereinten Kräften gelingen wird. Eine Hauptschwierigkeit wird darin liegen, genügendes Material für die kritischen Perioden von 1790 bis 1800 und 1820 bis 1840 zu bekommen. Ich möchte für heute nur auf diesen Weg hinweisen. Jedenfalls haben wir zu erwarten, dass, wenn wir auch auf irgend eine Weise eine Periodizität der Sonnenstrahlung finden, die terrestrischen Klimaverhältnisse nicht unmittelbar darauf reagieren, sondern dass dies vorwiegend durch eine Art Übersetzung geschieht, welche in einer Verlagerung der Luftdruckverteilung besteht. In zweiter Linie mag dann eine allgemeine Änderung der mittleren Temperatur nachfolgen.«

Eine vorläufige Untersuchung nach dieser Richtung, welche Erk angestellt hat, lässt einen Zusammenhang zwischen der Fleckenhäufigkeit und den Schwankungen der Temperatur und des Regenfalles nicht deutlich erkennen.

Der Einfluss der Klimaschwankungen auf die Ernteerträge ist von Prof. E. Brückner studiert worden[1]). Die Ernteerträge hängen in hohem Masse vom Klima des Landes ab, die polare Grenze des Baues verschiedener Getreidearten wird durch die Temperaturverhältnisse bedingt, aber ihre Wirkung auf die Ernteerträge ist nur in der Nähe jener Polargrenze von Bedeutung, weit entscheidender ist die Feuchtigkeit.

Diese Regel drängt sich auf, wenn man die Verbreitung des Ackerbaues auf der Erde überblickt, oder noch besser die Ursachen der Missernten studiert. In allen Gebieten, die spärlichen Regenfall haben, gehen Dürren und Missernten Hand in Hand: wo überreiche Regen den Boden netzen, werden dagegen die Missernten hauptsächlich durch regnerische Jahre heraufbeschworen. Freilich ist es nicht die absolute Menge des Wassers, die den Ausschlag giebt, sondern die Wassermenge in Beziehung gesetzt zur Verdunstung. Die gleiche Menge Feuchtigkeit, die in kaltem Klima unfehlbar die Ernte ersäuft, kann in heissem Klima vielleicht dem Wasserbedürfnisse des Getreides nur noch gerade genügen. Anderseits wird oft eine geringe Regenmenge, die für ein warmes Land der starken Verdunstung wegen Dürre bedeutet, in kühlem Klima vollkommen ausreichen. In Europa verhalten sich die feuchten Küsten des Nordatlantischen Ozeans und Mitteleuropa gerade umgekehrt wie das trockene Innere des Kontinents. Südrussland und Grossbritannien nebst Irland stellen in dieser Beziehung Extreme dar. Als Ursache der Missernte von 1891 in den zentralen und östlichen Gouvernements von Russland muss Dürre gelten. Die Dürre vom August bis zum Oktober 1890 schadete dem Wintergetreide; der nachfolgende Winter war trocken, es fiel wenig Schnee, so dass die Saaten zum Teile erfroren. Wegen seiner geringen Menge schmolz der Schnee früh weg, und der Boden wurde nicht, wie gewöhnlich, tief durchfeuchtet. Die Fröste im April 1891 fanden keine schützende Schneedecke mehr und schadeten der Saat. So ging das Wintergetreide zu Grunde. Das Sommergetreide aber fiel der Dürre und den heissen Winden im Mai, Juni und Juli zum zum Opfer: die Missernte war da. Solche Ereignisse sind in Russland nicht zu selten, wenn sie auch glücklicherweise selten so gewaltige Dimensionen annehmen wie 1891.

---

[1]) Hettner, Geogr. Zeitschrift 1895. 1. p. 39.

Gerade umgekehrt lagen die Verhältnisse bei den zahlreichen Missernten, die, gefolgt von Teuerungen, England Ende der dreissiger, im Verlaufe der vierziger und Anfang der fünfziger Jahre heimsuchten, desgleichen bei den schlechten Ernten von 1872, 1875, 1877 und 1879; sie fallen auf übermässig feuchte Jahre.

Mitteleuropa und speziell das Deutsche Reich steht in der Mitte zwischen diesen Extremen. Für eine Reihe von Zweigen der Landwirtschaft, besonders für den Wein- und Obstbau, aber auch für den Getreidebau, sind die trockenen Jahre meist die fetten, während für den Wiesenbau, also für die Viehzucht, gerade die trockenen Jahre die mageren sind. Es kommen zwar Jahre vor, in denen die Ernte durch Trockenheit geschädigt wird, allein viel häufiger sind Missernten infolge von zu viel Feuchtigkeit (Jahre um 1880).

Südeuropa und zum grossen Teile auch die Tropen, wenigstens soweit Getreide gebaut wird, schliessen sich in ihrem Verhalten Südrussland an. Die Hungerjahre in Vorderindien fallen mit trockenen Jahren zusammen.

Von Interesse wäre es, wenigstens für Europa, das Gebiet, in dem der Getreidebau hauptsächlich durch zu viel Regen geschädigt wird, abzugrenzen gegen das Gebiet, wo der Hauptschaden durch Dürre verursacht wird. Auf eine scharfe Grenze wird man dabei freilich verzichten müssen, weil eine Übergangszone besteht, wo Schädigungen durch zu viel Regen ebenso häufig sind wie Schädigungen durch Dürre. Auch wird die Grenze für jede Getreideart anders liegen. Im grossen und ganzen aber dürfte die Linie aus dem Inneren von Russland nach Südwesten gegen die Karpathen hin ziehen, dann ungefähr diesen und den Alpen entlang bis nach Südfrankreich hinein. Sie verläuft im Osten zwar noch im Waldgebiete, aber parallel der Grenze der Steppen; im Westen entspricht sie ungefähr der Grenze der subtropischen Region. Das Gebiet nördlich leidet mehr von zu viel Regen, das Gebiet südlich mehr von Dürre.

In den Ländern Europas mit vorwiegend ozeanischem Klima sind die Schädigungen des Getreidebaues durch allzu grosse Feuchtigkeit so erheblich, dass hier bei den hohen Arbeitslöhnen und den billigen Frachtsätzen der Gegenwart, welche die Einfuhr fremden Getreides erleichtern, der Getreidebau mit den allergrössten Schwierigkeiten zu kämpfen hat. Die Landwirtschaft hat sich daher zum Teile vom Getreidebaue ab- und der Wiesenkultur und Viehzucht zugewandt. Das gilt von Grossbritannien und Irland, von Holland, von Dänemark, von Skandinavien und von den Provinzen Schleswig-Holstein und Westpreussen, ebenso auch von der Schweiz, überhaupt von den Ländern am Nordabhange der Alpen, die sehr reiche Bewässerung bei nicht zu grosser Wärme geniessen. Die Wiesenkultur braucht Wasser; es muss schon sehr viel regnen, damit es ihr zu viel wird, und feuchte Jahre, in denen das Getreide, dessen Heimat ja die Steppe ist, zu grunde geht, sind sehr oft für die Viehzucht gute Jahre und umgekehrt. Das zeigte sich im trockenen Sommer 1893: Die Wiesen waren, besonders im Flachlande und niedrigen Berglande, in der Schweiz und in Süddeutschland ausgedorrt, während die Getreidefelder gute Erträge lieferten. Die Gebiete Westpreussens mit ihrem kühlen Sommer sind in der That förmlich zur Viehzucht und Wiesenkultur prädestiniert.

Gehen wir von unserer Grenzlinie nach Südosten, so nimmt in dieser Richtung die Gefahr eines Misswachses durch Dürre immer mehr zu. Besonders die Gebiete östlich der unteren und mittleren Wolga leiden nur zu oft infolge von Dürre an Hungersnöten. Auch hier haben wir einen vorgeschobenen Posten des Getreidebaues, der sich jedoch zur Zeit noch halten kann, weil sowohl die Arbeitskraft als auch der Boden billig ist, und der Getreidebau daher selbst mehrfachen Misswachs überdauert, vor allem aber weil eine andere naturgemässere und gleichzeitig vorteilhaftere Bodenbenutzung erst gefunden werden muss, wie sie der Westen in der Kombination von Viehzucht und Wiesenkultur gefunden hat.

Die Verschiedenheit des Klimas von Ort zu Ort lässt hier diese, dort jene Witterung besonders häufig Missernten verursachen. Ja, ganze Verschiebungen der Produktion sieht man unter dem Einflusse des Klimas sich vollziehen, wenn sie auch erst durch vom Menschen geschaffene Einrichtungen — durch die modernen Verkehrsverhältnisse — möglich geworden sind: der Rückzug des Ackerbaues aus den exponierten ozeanischen Gebieten ist zu einem guten Teile die Folge der Ungunst des Klimas. Diese Ungunst bestand immer; aber früher war es vorteilhafter, ihr zu trotzen, heute ist es vorteilhafter, ihr nachzugeben.«

Dass neben der durch klimatische Verhältnisse bedingten örtlichen Verschiebung der Produktion ein Einfluss des Klimas und seiner Schwankungen auf die zeitliche Änderung der wirtschaftlichen Verhältnisse, besonders auf die Ernte und Getreidepreise besteht, zeigt nun Brückner in obiger Abhandlung als Vorläuferin einer späteren grösseren Publikation.

»Die Klimaschwankungen bestehen in Schwankungen der Temperatur, des Luftdruckes und des Regenfalles, die sich auf der ganzen Erde gleichzeitig vollziehen. Die Dauer dieser Schwankungen, d. h. die Zeit, die von einem Extrem bis zum nächsten gleichartigen verstreicht, beträgt im Mittel 35 Jahre, bald etwas mehr, bald etwas weniger. Dabei ist die Temperatur das Element, von dem die übrigen abhängen. Diese Schwankungen der Temperatur sind so gut wie allen Ländern der Erde gemeinsam. Sie alle erleben gleichzeitig Kälteperioden und gleichzeitig Wärmeperioden. Die Grösse dieser Temperaturschwankungen beträgt im Mittel nahezu 1° C. Das ist sehr viel. Besagt das doch nichts anderes, als dass z. B. in den fünf Jahren um 1840 herum die mittlere Jahrestemperatur von Berlin um einen vollen Grad tiefer war als in den fünf Jahren um 1825; das bedeutet so viel, als wenn Berlin um drei Breitengrade nach Norden gerückt wäre.

Die Temperaturschwankungen wirken auf die Luftdruckverteilung ein. In den Wärmeperioden erscheint der Übertritt feuchter ozeanischer Luft vom Meere aufs Festland erschwert, in den Kälteperioden dagegen erleichtert. Das muss nun seinerseits den Regenfall des Landes beeinflussen. Auf dem grössten Teile der Landmassen schwankt der Regenfall derart, dass die kühlen Perioden auch feucht und die warmen trocken sind. Bei uns ist der Regenfall in der feuchten Zeit um etwa 20 % grösser als in der trockenen, in Russland um etwa 25—30 % und in Westsibirien gar um mehr als 100 %.

In den letzten beiden Jahrhunderten erscheinen als Zentren von kalten und auf dem Lande feuchten Perioden die Jahre 1705, 1740, 1775, 1815, 1850 und 1880; als Zentren von warmen und auf dem Lande trockenen Perioden die Jahre 1720, 1760, 1790, 1830 und 1860.

Schon von vornherein muss man angesichts des grossen Betrages dieser Schwankungen des Klimas schliessen, dass sie sich auch in wirtschaftlichen Erscheinungen geltend machen werden. In der

That ist das der Fall; sie üben, und zwar hauptsächlich durch den Regenfall, einen deutlichen Einfluss auf die Erträge der Landwirtschaft aus. Nur nebenbei sei bemerkt, dass in Frankreich, in Deutschland und in der Schweiz die Weinerträge in den trockenen und warmen Perioden nach Quantität und Qualität besser sind als in den feuchten. Wichtiger ist, dass auch die Getreideerträge diesen Einfluss zeigen.«

Leider ist das Material, welches dem Verf. zu Gebote steht und überhaupt vorhanden ist, quantitativ und qualitativ nicht so, wie es zu wünschen wäre; Brückner greift deshalb neben den Erntetabellen auch auf die Erntepreise zurück, welche innerhalb gewisser Grenzen wenigstens für frühere Jahre Schlüsse auf den Ausfall der Ernte gestatten. Die Resultate seiner Zusammenstellungen giebt Brückner in Tabellen, deren Diskussion ihn zu folgenden Schlüssen führt: »Unverkennbar ist der Einfluss der Klimaschwankungen sowohl in den Ernteerträgen, als auch in den Getreidepreisen ausgesprochen, aber in verschiedenen Gegenden ganz verschieden. Es macht sich der gleiche Unterschied zwischen West- und Mitteleuropa einerseits und Osteuropa anderseits geltend, den wir oben bezüglich der Ursache der Missernten feststellten. In den trockenen Zeiten haben gute Erträge und daher tiefe Getreidepreise die Gebiete mit mehr ozeanischem Klima, deren Missernten hauptsächlich durch zu viel Regen veranlasst werden, wie England, Frankreich, Belgien, Dänemark, Deutschland und Österreich, die Länder mit kontinentalem Klima aber, repräsentiert durch Ohio und Russland, geringe Erträge und hohe Preise. In den feuchten Perioden dagegen sind die Erträge der ozeanischen Gebiete gering, die Preise hoch, während die kontinentalen Ackerbauländer gute Ernten und tiefe Preise verzeichnen.

Sehr scharf ist die Schwankung der Erträge in Preussen ausgesprochen. Wenn die Kurve des Regenfalles steigt, fällt die der Erträge, und zwar für alle Getreidearten. Um das Jahr 1880 herum ist der Regenfall sehr gross, und der Ertrag sehr klein, während in den sechziger und Anfang der siebziger Jahre der Regenfall gering, und dafür die Erträge gross waren: die Kurven der Erträge pro Hektar sind ein genaues Spiegelbild der Kurve des Regenfalles. Dabei sind die Schwankungen sehr bedeutend; wurden doch im feuchten Lustrum 1881—1885 an Weizen pro Hektar 225 *kg*, d. i. 16 %, an Roggen gar 325 *kg*, d. i. 26 %, weniger geerntet als im trockenen Lustrum 1861—1865! Selbst wenn man mehrere Lustren vereinigt, zeigt sich der Einfluss noch sehr deutlich. In der ganzen feuchten Periode 1876—1893 wurden 10 % weniger Weizen und 19 % weniger Roggen vom Hektar heimgebracht als in der trockenen Zeit 1859—1875.

Angesichts dieses deutlichen Einflusses der Klimaschwankungen auf die Erträge kann es nicht Wunder nehmen, dass auch die Getreidepreise in Mitleidenschaft gezogen werden. So parallel den

Schwankungen des Regenfalles wie die Schwankungen des Ertrages vollzieht sich freilich die Preisbewegung nicht. Es treten Perioden auf, wo auf einmal durch politische Verhältnisse, durch die Konkurrenz, durch Schwankungen der Valuta u. s. w. der Zusammenhang für ein Land gestört wird.

Durchgehends scharf ausgeprägt ist in den ozeanischen Gebieten der Einfluss der Trockenperiode 1821—1840. Überall stehen die Getreidepreise entsprechend niedrig, während sie vorher sehr hoch gewesen waren. Beim Eintritte der feuchten Periode der vierziger Jahre beginnt dann wieder ein Steigen der Preise; ein Maximum wird meist 1851—1855 erreicht, gleichzeitig oder gleich nach dem Maximum des Regenfalles. Das zeigt sich in allen Ländern Westeuropas, nur in England verhältnismässig weniger deutlich. In allen Ländern folgt nunmehr bis 1861—1865, entsprechend der Minderung des Regenfalles, ein geringes Sinken der Preise, das nur in Österreich fehlt. Es stellt sich hiernach abermals eine Preissteigerung bei zunehmendem Regenfalle ein, aber sie hält nicht lange vor, und der Preis erreicht schon 1871—1875, also fünf bis zehn Jahre vor dem Regenfalle, sein Maximum, um dann stark zu sinken. Dieses Sinken findet statt, obwohl im eigenen Lande die Ernten noch schlechter werden und erst in der zweiten Hälfte der achtziger Jahre eine Besserung zeigen. Es ist also vom Ausfalle der eigenen Ernte unabhängig und führt sich auf die massenhafte Zufuhr amerikanischen und russischen Getreides zurück.

Um die Grösse der durch die Klimaschwankungen bedingten Preisschwankungen zu bestimmen, empfiehlt es sich, von den absoluten Werten abzusehen, nnd einfach die Maximallustren in Prozenten der Minimallustren auszudrücken. Das ist in der nachfolgenden kleinen Tabelle geschehen, und zwar für die Lustren, die bei der grossen Mehrzahl der Länder Träger der Maxima, bezw. Minima sind.

	Weizen England	Weizen Frankreich	Weizen Belgien	Roggen Dänemark
1816—1820 zu 1831—1835	117	113	115	—
1851—1855 zu 1831—1835	111	112	115	118
1851—1855 zu 1861—1865	112	111	112	112
Mittel	113	112	114	115
	Weizen Preussen	**Weizen München**	**Weizen Zürich**	**Weizen Österreich**
1816—1820 zu 1831—1835	115	118	115	115
1851—1855 zu 1831—1835	116	117	112	115
1851—1855 zu 1861—1865	111	—	112	—
Mittel	114	117	113	115

Durchschnittlich ist der Preis eines feuchtesten Lustrums um 13 % höher als der eines trockensten.

Genau umgekehrt wie in West- und Mitteleuropa ist das Verhältnis zwischen Klimaschwankungen einerseits und Ernten wie Getreidepreisen anderseits in den mehr kontinentalen Ländern. Sehr